

ALMA MATER STUDIORUM – UNIVERSITA' DI BOLOGNA  
SEDE DI CESENA  
FACOLTA' DI ARCHITETTURA "ALDO ROSSI"  
CORSO DI LAUREA SPECIALISTICA A CICLO UNICO IN ARCHITETTURA

**PERCORSI DI SOSTENIBILITA'**  
**PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICO-FUNZIONALE**  
**E AMPLIAMENTO**  
**DELLA SCUOLA MATERNA "COCCINELLA" A BERTINORO**

Tesi in  
TECNOLOGIE ECO-EFFICIENTI PER L'ARCHITETTURA II

Relatore  
Prof. Ernesto Antonini

Presentata da  
Elisa Bruschi  
Chiara Giunchi

Correlatore  
Arch. Andreina Maahsen Milan  
Arch. Kristian Fabbri  
Arch. Tecla Mambelli

Sessione III  
Anno Accademico 2009/2010



<b>IMPARARE LA SOSTENIBILITA'</b> .....	<b>5</b>
<b>1. SCUOLE SOSTENIBILI</b> .....	<b>7</b>
1.1 Costruire sostenibile.....	7
1.2 Scuole sostenibili .....	10
<b>2. IL PERCORSO EDUCATIVO</b> .....	<b>17</b>
2.1 Spazi per l'educazione: genesi e trasformazione .....	17
<i>Strutture educative da 0 a 6 anni: requisiti e articolazione degli spazi</i> .....	17
<i>Edificio, Salute, Ambiente</i> .....	25
<i>Qualità degli spazi educativi</i> .....	29
2.2 Il modello "Reggio approach": un esempio di pedagogia applicata.....	32
<b>3. IL CONTESTO E L'INTERVENTO</b> .....	<b>35</b>
3.1 Il contesto.....	35
<i>Bertinoro: ai piedi della Rocca</i> .....	35
<i>Dotazioni e programmi di sviluppo dei servizi scolastici comunali</i> .....	42
3.2 L'intervento.....	43
<i>Caratteristiche, localizzazione e dati climatici dell'area di intervento</i> .....	43
<i>Analisi SWOT</i> .....	46
<i>Gli obiettivi dell'Amministrazione: ampliamento e riqualificazione</i> .....	50
<i>Due scenari di progetto</i> .....	57
<b>4. IL PROGETTO</b> .....	<b>59</b>
4.1 Itinerari urbani: a scuola a piedi.....	59
4.2 Lo sviluppo del progetto: ipotesi A .....	60
4.3 Lo sviluppo del progetto: ipotesi B.....	79
<b>5. LA MODELLAZIONE ENERGETICA</b> .....	<b>97</b>
5.1 Lo stato di fatto .....	97
<i>Dati geometrici</i> .....	98
<i>Caratteristiche architettoniche e costruttive</i> .....	99

<i>Caratteristiche termo fisiche dei componenti edilizi.....</i>	<i>100</i>
<i>Le strategie energetiche .....</i>	<i>107</i>
<i>Il comfort luminoso e termico all'interno dell'aula.....</i>	<i>109</i>
5.2 Il progetto: ipotesi A .....	117
5.3 Il progetto: ipotesi B .....	130
<b>ALLEGATI.....</b>	<b>143</b>
<b>6. BIBLIOGRAFIA TEMATICA .....</b>	<b>177</b>
<i>Scuole sostenibili.....</i>	<i>177</i>
<i>Il contesto e l'intervento.....</i>	<i>178</i>
<i>La modellazione energetica .....</i>	<i>178</i>

La tesi affronta tre diversi scenari di progetto: il primo riguarda la riqualificazione funzionale ed energetica della scuola dell'infanzia "Coccinella", il secondo e il terzo ne prevedono invece la demolizione e propongono due diverse ipotesi per la realizzazione di un asilo nido e la completa riedificazione della scuola materna.

Le analisi preliminari e il progetto di riqualificazione corrispondenti al primo scenario sono frutto di un'elaborazione comuni ad entrambe le laureande e si concludono con un'unica proposta di intervento (capp. 1, 2, 3, 6). Di questa configurazione, e della situazione corrispondente allo stato attuale, le due laureande hanno assieme verificato il comportamento energetico (cap. 5.1).

Successivamente, ad una fase di inquadramento condotta congiuntamente (cap. 4.1), è seguita la progettazione di due diverse soluzioni che prevedono ciascuna la realizzazione di un nuovo asilo nido e la costruzione di una nuova scuola per l'infanzia. La prima ipotesi (cap 4.2a), sviluppata da Elisa Bruschi, ha approfondito in particolare la configurazione strutturale dell'edificio e il trattamento delle superficie esterne e si è conclusa con la modellazione del comportamento energetico (cap. 5.2a).

La seconda ipotesi (cap. 4.2b), approfondita da Chiara Giunchi, ha invece studiato in dettaglio il tema del comfort luminoso e l'utilizzo delle coperture verdi e ne è stato quindi verificato il comportamento energetico (cap. 5.2b).





## IMPARARE LA SOSTENIBILITA'

Oggetto di questa tesi di laurea è la progettazione di un asilo nido in prossimità della scuola dell'infanzia "Coccinella" di Bertinoro (FC) per rispondere alle esigenze espresse dalla Amministrazione Comunale, orientate a realizzare un ampliamento della struttura esistente, completando così il polo scolastico comprendente anche la scuola elementare comunale adiacente.

La strategia di intervento che il progetto ha adottato prevede due scenari: uno che assume integralmente gli obiettivi dell'Amministrazione e prevede la realizzazione di una struttura per la prima infanzia ad ampliamento di quella esistente, e un secondo che invece propone anche la realizzazione di una nuova scuola materna, in sostituzione di quella attualmente presente.

Il progetto ha adottato un approccio integrato dal punto di vista formale e costruttivo, mostrando particolari attenzioni alle tematiche ambientali, assunte come determinanti per ottenere elevati livelli di benessere per i fruitori.

La scuola diventa così promotrice di una progettazione orientata a principi di sostenibilità ambientale, efficienza e risparmio energetico, attraverso scelte in cui, sin dalle prime fasi, tecnologia, ambiente, comfort e salute cercano un reciproco equilibrio. A scala urbana si è scelto di recuperare e ampliare il sistema di percorsi pedonali che consente il collegamento tra le diverse parti della città, valorizzando il paesaggio quale risorsa primaria.

A scala locale, per garantire l'integrazione del nuovo intervento con l'ambiente e il territorio, il progetto ha richiesto un'approfondita analisi preliminare del sito, comprendente lo studio di elementi del contesto sociale, culturale, ambientale e paesaggistico. A questi si sono affiancati gli aspetti climatologici, funzionali alla scelta dell'esposizione da attribuire all'edificio in modo da mitigare gli effetti delle variazioni climatiche e ottimizzare la qualità indoor.

Dal punto di vista funzionale e distributivo il progetto ha risposto a criteri di massima flessibilità e fruibilità degli ambienti interni, assecondando le esigenze di educatori e bambini.

Particolare attenzione è stata rivolta alla scelta della tipologia costruttiva, adottando elementi prefabbricati in legno assemblati a secco. Questo sistema consente la realizzazione di strutture affidabili, durevoli nel tempo e rispondenti a tre criteri fondamentali nell'ottica della sostenibilità: impiego di materiali rinnovabili,

minimizzazione dei rifiuti e del consumo di acqua in cantiere e possibilità di recupero tramite smontaggio.

Per garantire un corretto rapporto tra costruito e contesto urbano si è deciso di utilizzare materiali da rivestimento della tradizione locale, quali la pietra, e di attenuare l'impatto visivo dell'intervento attraverso l'impiego di coperture verdi.

Queste, oltre a restituire in copertura il suolo occupato dai volumi edificati, contribuiscono alla mitigazione del microclima, sia all'interno dell'edificio che nel suo intorno.

Rispetto agli obiettivi di benessere degli utenti, il progetto si è posto l'obiettivo di superare i confini determinati dalla normativa sui requisiti energetici, puntando al raggiungimento di condizioni ottimali in termini di salubrità del costruito e confort abitativo. Questo intervento si propone di sperimentare un approccio ecologico di sensibilizzazione ai criteri di sostenibilità, capace di coinvolgere tutti i protagonisti della vita scolastica: i bambini, gli insegnanti, i genitori e la città.

“Imparare la sostenibilità” è l'obiettivo del progetto e la linea guida della tesi, i “percorsi di sostenibilità”, rappresenta il frutto degli studi, delle analisi, delle scelte che ci hanno spinto ad ottenere lo scopo prefissato e racchiude in un significato sia fisico che metaforico i risultati finali, sia a scala urbana, che a scala dell'edificio.

Il termine “percorsi” ci permette di comprendere sia la nuova rete di collegamenti tra l'area di intervento e il resto della città quali strumento di rigenerazione e di contatto con il paesaggio, ma anche il processo di crescita e formativo che il bambino, destinatario e protagonista del progetto, intraprenderà in questi luoghi.

La realizzazione di edifici tecnologicamente efficienti dal punto di vista delle prestazioni energetiche (raggiungimento classe B per la struttura esistente, classe A per le ipotesi di ampliamento) ma anche dal punto di vista del confort luminoso rappresenta la premessa per la formazione di una nuova generazione più responsabile e rispettosa nei confronti dell'ambiente che la circonda.

## 1. SCUOLE SOSTENIBILI

### 1.1 Costruire sostenibile

L'architettura sostenibile è un approccio fondamentale alla progettazioni di edifici, nell'obiettivo di ottenere elevati livelli di comfort abitativo e ridurre l'impatto ambientale e i consumi energetici. Non sempre nella realtà si trovano una sensibilità e un'attenzione a questi temi, tuttavia l'architettura sostenibile non è in antitesi con quella tradizionale in quanto interpreta il meglio della tradizione architettonica prevedendo un utilizzo intenzionale e consapevole delle risorse climatiche.

I vantaggi di questo tipo di approccio progettuale sono molteplici: una maggiore integrazione ambientale e qualità degli interventi, ma anche una maggiore soddisfazione degli utenti e rafforzamento del senso di appartenenza allo spazio in cui si vive.

La sostenibilità nell'edilizia rappresenta una nuova politica dell'abitare e una responsabilità sociale. Ecco allora che non si parla solo della costruzione del singolo edificio, ma soprattutto dell'intero ciclo di vita del prodotto edilizio.

L'importanza della qualità, quale fattore di competitività e di efficienza produttiva, è oggi riconosciuta in tutti i Paesi europei e la sostenibilità è oggi il modo necessario e contemporaneo di vivere il pianeta. Tale linea di pensiero è oggi fortemente condivisa a livello nazionale e internazionale; a tale proposito abbiamo scelto di trattare il tema con "parole di altri", a sottolinearne l'importanza e la centralità per una sempre migliore fruibilità urbana.

- *“Considerare le preoccupazioni ambientali, di comfort, di rispetto delle risorse come una specializzazione rientra in una visione distorta: l'idea di sostenibilità deve essere presa in considerazione non come un'opzione o un apporto specifico ma come una qualità essenziale del progetto. La sostenibilità significa che il progetto risponde alla domanda degli occupanti ma è inoltre appropriato al contesto e utilizza quest'ultimo per creare un sostenibile environment per i fruitori.”<sup>1</sup>*

---

<sup>1</sup> Cucinella, M., in Monti, C., *Costruire sostenibile*, Alinea Editrice, Firenze 2000, p.224

- *“L’architettura sostenibile sottende al concetto di una convivenza con i vari aspetti del contesto e di conseguenza la sua costruzione dovrebbe essere in grado di controllare le diverse interazioni, cercando di limitare tutte quelle che modificano il contesto ambientale in modo permanente. Non basta progettare edifici compatibili con l’ambiente, la progettazione di un’architettura sostenibile risulta dalla ricerca di una coerenza con il carattere regionale. Un’architettura quindi in grado di interpretare l’identità culturale del luogo e utilizzare efficientemente le fonti di energia rinnovabile.”*<sup>2</sup>
- *“Con il termine architettura sostenibile si intende una serie di discipline che, pur nelle differenti sfaccettature, tendono verso un obiettivo comune. Si identifica infatti un’architettura compatibile con l’uomo e le sue attività, rispettosa verso l’ambiente e integrata nel contesto, in grado di soddisfare i bisogni attuali e assicurare quelli futuri, privilegiando l’utilizzo di tecnologie costruttive e materiali non inquinanti. L’architettura sostenibile, ossia progettare, costruire, utilizzare, dismettere, si confronta e dialoga con il contesto, tiene conto degli effetti indotti sul territorio dai processi costruttivi. Essa non esprime uno stile architettonico univoco, riproponibile in ogni dove; rappresenta il frutto di una mediazione e di una sintesi tra la realtà locale e le esigenze, di volta in volta differenti.”*<sup>3</sup>
- *“La sostenibilità va intesa come modello generale di approccio al progetto e alla costruzione dell’architettura e il valore di una seria operosità su tale tema risulta oramai ben chiara alla luce dell’importanza che rivestono oggi le questioni energetiche e le problematiche ambientali. Il tema dell’amministrazione e gestione parsimoniosa dell’energia, così come l’impiego e l’incremento di efficienza di risorse rinnovabili, sta assumendo un ruolo fondamentale nelle linee di sviluppo della società. Il concetto stesso dell’atto costruttivo deve essere ripensato, tornando a fondarsi su valori non solo esclusivamente economici, bensì anche etici, in una visione maggiormente rispettosa nei confronti di tutti.”*<sup>4</sup>

---

<sup>2</sup> Los, S., in Monti, C., *Costruire sostenibile*, Alinea Editrice, Firenze 2000, p.324

<sup>3</sup> Castelli, L., *Architettura sostenibile*, Utet, Torino 2008, p.1

<sup>4</sup> Minguzzi, G., in Castelli, L., *Architettura sostenibile*, Utet, Torino 2008, p.12



- *“L’architettura che voglia possedere qualità dovrebbe includere del lavoro competente nell’ambito ambientale a tutti i livelli e in tutti i campi. Credo in un chiaro collegamento tra l’architettura forte, bella e funzionale e la caratterizzazione ambientale. Noi consigliamo, disegniamo e costruiamo per la gente; l’architettura non è un fatto astratto, solo estetico o ecologico o tecnologico ma conforma l’ambiente, il paesaggio, l’intorno in cui viviamo. Per questo il nostro primo scopo è creare condizioni abitative confortevoli.”*<sup>5</sup>
- *“La bioarchitettura è consapevolezza di ogni azione progettuale, in ogni intervento sul territorio; essa non è uno stile architettonico, quanto piuttosto uno stile di vita, di intendere il proprio ruolo. La Bioarchitettura è un modo di intendere e vivere i problemi progettuali e costitutivi della città, del quartiere, della casa; essa è punto di incontro tra energie che credono nella possibilità di un’edilizia a misura d’uomo.”*<sup>6</sup>
- *“Un progetto sostenibile è prima di tutto un buon progetto, concepito e realizzato con cura e competenza in rapporto a obiettivi di qualità. È necessario utilizzare in maniera appropriata le esperienze dell’architettura tradizionale applicando le tecnologie oggi disponibili per rendere il più possibile sostenibile il ciclo di attività connesso alle costruzioni.”*<sup>7</sup>

---

<sup>5</sup> Torben Gade, in Sasso, U., *Bioarchitettura, forma e formazione*, Alinea Editrice, Firenze 2003, p.85-87

<sup>6</sup> Sasso, U., *Bioarchitettura, forma e formazione*, Alinea Editrice, Firenze 2003, p.11

<sup>7</sup> Trippa, G., in Boeri, A., *Criteri di progettazione ambientale*, Editoriale Delfino, Milano 2007, p.3

## 1.2 Scuole sostenibili

- *“Costruire a misura di bambino, in armonia con natura e ambiente, non significa solo adottare in un ambiente naturale materiali sani, riciclabili e applicare sistemi costruttivi di risparmio energetico. L’architettura è una categoria sensoriale e percettiva, capace di rendere luoghi e spazi urbani ambiti preziosi di sviluppo sensoriale. Architettura significa entrare nel contesto, non solo dal punto di vista funzionale, climatologico, paesaggistico ma soprattutto culturale.”*<sup>8</sup>
- *“Io parto da dodici sensi; i cinque già noti, ai quali aggiungo il senso per la vita, la sensazione del proprio movimento, il desiderio di accoglienza, l’equilibrio, la temperatura, il linguaggio parlato, l’io. In fin dei conti è la nostra percezione che ci permette di sentire, capire lo spazio e l’architettura. All’ interno di una scuola la percezione della luce, il materiale, la prospettiva hanno un influsso diretto sull’ umore, sul sentirsi a proprio agio; parliamo di un fattore benessere.”*<sup>9</sup>
- *“L’educazione ambientale è uno strumento di formazione alla cittadinanza attiva, in un processo didattico, sociale e comportamentale che non si esaurisce nell’ ambito dell’istruzione ma da questo deve necessariamente iniziare. L’obiettivo è modificare in positivo il comportamento degli studenti, delle famiglie, dell’ambiente scolastico, rendendo la società interprete consapevole di quella cultura della sostenibilità che, dal contesto locale, deve necessariamente inserirsi in una visione globale.”*<sup>10</sup>
- *“Una scuola che abbia della cultura della sostenibilità una visione raggiungibile e concretizzabile, si basa su processi che curano l’impalcatura valoriale, il pensiero critico, la ricerca, la molteplicità di metodologie, il contesto locale, la partecipazione personale e consapevole. Lo sviluppo sostenibile, infatti, non è solo un’ideologia in quanto si avvale di concetti, metodologie, processi e si esplica*

---

<sup>8</sup> Eble, J., in Sasso, U., *Bioarchitettura, forma e formazione*, Alinea Editrice, Firenze 2003, p.178

<sup>9</sup> Rau, T., in Sasso, U., *Bioarchitettura, forma e formazione*, Alinea Editrice, Firenze 2003, p.209

<sup>10</sup> Massimo Zennaro, *Educazione per la sostenibilità* in Antonio Lo Bello, *Introduzione* in Direzione Generale per gli Ordinamenti Scolastici e per l’Autonomia Scolastica (a cura di), *Percorsi di Educazione per la Sostenibilità nelle scuole dell’infanzia e nel primo ciclo di istruzione*, Le Monnier, Firenze 2009

*attraverso atteggiamenti, comportamenti, modi di essere e di pensare. È' quindi oggetto privilegiato del processo formativo, componente della professionalità dell'insegnante, medium scuola-territorio.”<sup>11</sup>*

La qualità degli spazi nelle scuole è fondamentale ed è parte integrante del progetto educativo; il lungo percorso di progettazione deve quindi portare dalla struttura scolastica ad un ambiente di vita dove la parte estetica e compositiva sono di qualità perché rispondono al bisogno di chi lo abita.

L'obiettivo è quello di introdurre contenuti di qualità nella progettazione degli spazi dedicati ai bambini, nella convinzione che il compito del progettista sia non solo quello di garantire ai piccoli utenti delle strutture a norma di legge, ma anche e soprattutto quello di adeguare i servizi offerti alle nuove sensibilità della società.

Per questo abbiamo scelto di presentare alcuni significativi esempi europei di architettura scolastica realizzata con tecnologie sane, basso consumo energetico, ridotto impatto ambientale, ma anche consapevoli della necessità di un approccio globale integrato a un'architettura conciliata con l'uomo e l'ambiente.

La volontà è quella di promuovere una “nuova casa per bambini” quale punto di riferimento per la città e nella città, e di creare un insediamento inclusivo e comunicativo all'interno di un contesto urbano complesso.

I progetti nascono da un approfondito confronto con esperienze d'avanguardia a livello nazionale ed internazionale e rappresentano l'eccellenza in ogni campo, dal dialogo ottimale raggiunto tra progetto pedagogico e architettonico, al modello organizzativo e gestionale.

---

<sup>11</sup> Antonio Lo Bello, *Introduzione* in Direzione Generale per gli Ordinamenti Scolastici e per l'Autonomia Scolastica (a cura di), *Percorsi di Educazione per la Sostenibilità nelle scuole dell'infanzia e nel primo ciclo di istruzione*, Le Monnier, Firenze 2009 p.9

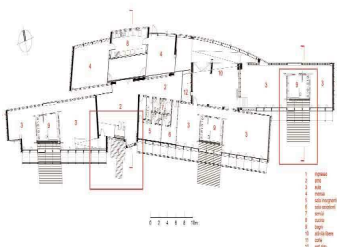
*Scuola materna Ponticelli, Imola, 2006 (Progetto: Arch. Alessandro Contavalli)*

La scuola Ponticelli è stata ritenuta meritevole di menzione alla quarta edizione del Premio Internazionale di Architettura Sostenibile per le qualità costruttive legate all'impiego di materiali naturali e l'utilizzo di tecniche avanzate coniugate a un linguaggio controllato.

Il disegno architettonico esprime la chiara capacità di saper gestire i meccanismi di ottimizzazione delle parti del progetto, attraverso soluzioni impiantistiche, di dettaglio costruttivo e orientamento generale finalizzati al miglioramento della compatibilità ambientale dell'opera. La ricerca di un rapporto equilibrato tra edificio e contesto risponde alla necessità di recepire le risorse del luogo in termini di salvaguardia e rispetto sociale.

Lo sviluppo lineare della pianta, che si articola degradando verso valle secondo il naturale andamento del terreno, privilegia l'orientamento a sud delle aule. All'interno lo spazio favorisce l'esperienza percettiva dei piccoli fruitori attraverso la presenza di spazi verdi e di un sistema di aperture a doppia pelle a dimensione di bambino che garantiscono il controllo sul livello di illuminamento delle aule.

Per la costruzione sono stati impiegati materiali bioecologici e un sistema di costruzione a secco, tecnologia che consente un'importante riduzione dei carichi ambientali sia in fase di realizzazione che di successiva dismissione del fabbricato.



Lo sviluppo della pianta



La facciata "intelligente"



L'ingresso

*Scuola materna in Schukowitzgasse, Austria, 2006 (Progetto: Achitekturburo Reinberg)*

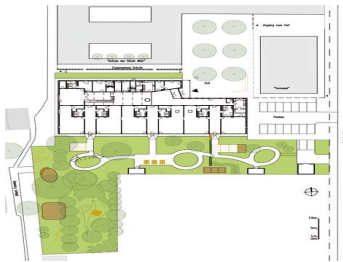
L'edificio risponde ai requisiti definiti dallo standard "Passiv Haus", sviluppando il concetto di edificio ecologico a basso consumo energetico.

Le aule esposte a sud consentono un affaccio privilegiato per questioni di irraggiamento e per la presenza di aree verdi, creando un forte legame con l'ambiente circostante, il sole e la natura.

La compattezza, l'elevato isolamento termico e l'impianto di riscaldamento tramite ventilazione con recupero di calore riducono al minimo la perdita di energia termica, mentre l'installazione di pannelli solari fornisce buona parte dell'energia utile a scopo idrico-sanitario.

Il serbatoio di accumulo dell'impianto solare è situato al centro dell'atrio, rendendo leggibile ai bambini il concetto di sfruttamento dell'energia solare; con lo stesso principio didattico tutte le canalizzazioni impiantistiche sono lasciate a vista.

L'architettura diventa così un mezzo di comunicazione e uno strumento educativo per sensibilizzare i piccoli utenti e orientarli a una futura visione sostenibile del mondo.



Pianta



La facciata principale



L'aula

*Asilo Balenido, Casalecchio di Reno, Bologna, 2007 ( Progetto: Tasca Studio)*

L'asilo Balenido, in occasione della Settimana della BioArchitettura tenutasi a Modena nel 2007, è stato insignito del Premio Sostenibilità nella categoria nuove edificazioni.

Il progetto segue i principi costruttivi della bioarchitettura: il rispetto e l'integrazione con l'ambiente naturale, il controllo dei consumi energetici, l'impiego di materiali e tecniche non inquinanti, la sostenibilità sociale, economica e l'innovazione".

L'edificio, con un fabbisogno energetico complessivo annuo pari a 28 KWh/mq, rientra nella classe A+, in base al sistema di certificazione energetica CasaClima.

Dal punto di vista funzionale, il progetto distingue le diverse unità pedagogiche mettendole in continuità con lo spazio esterno, prediligendo elementi scorrevoli diversamente colorati.

Le tecnologie e i materiali adottati perseguono due obiettivi: da un lato l'assoluta salubrità psicologica e il benessere fisico degli utenti, dall'altro il "bilancio energetico positivo" dell'edificio nel ciclo complessivo della sua produzione, gestione e smaltimento.

L'utilizzo di shed verticali rivolti a nord assicura un'elevata qualità della luce e il ricambio continuo dell'aria, mentre pannelli solari in copertura garantiscono una produzione energetica in grado di soddisfare il fabbisogno estivo d'acqua calda sanitaria e integrare in inverno l'impianto di riscaldamento. Inoltre, l'asilo sarà collegato ad una rete di teleriscaldamento derivante da una centrale di cogenerazione, posta nelle vicinanze.



La facciata principale



L'aula



Lo spazio esterno

*Nido Scuola Eni, San Donato Milanese, 2010 ( Progetto: ZPZ)*

La struttura, caratterizzata da una forte sostenibilità ambientale che ne determina la classificazione energetica in classe A e realizzata in collaborazione con Reggio Children, rappresenta un modello di eccellenza pedagogica e architettonica.

Concepito per porre al centro il benessere del bambino e della comunità, l'edificio punta a raggiungere l'eccellenza in ogni campo: pedagogico, architettonico, organizzativo, gestionale.

Atelier riguardanti la luce, l'acqua e il suono sono pensati per accogliere in forma permanente la creatività dei bambini, sotto forma di conoscenza della natura e in altri casi di pittura, movimento, musica e teatralità.

La struttura prevede l'uso di pannelli solari e fotovoltaici, di materiali naturali eco compatibili e riciclabili nonché il recupero di acque piovane. La presenza di ampie vetrate e grandi lucernari all'interno delle aule consente ai bambini di vedere costantemente il cielo.



La facciata principale



L'ingresso



Lo spazio interno

*Nido Bioecologico, Treviso, 2008 (Progetto: Globarch)*

L'edificio nasce dalla rivisitazione di un progetto già esistente, pensato per un'edilizia tradizionale. A questa sono stati applicati principi della Bio-Architettura sia nell'uso dei materiali e dell'impiantistica volti al risparmio energetico, sia nella disposizione degli spazi interni, organizzati in funzione dell'esposizione solare.

La struttura è dotata di un impianto di trattamento e preriscaldamento dell'aria che fornisce aria fresca, depurata e privata di batteri, alla giusta temperatura in ogni situazione atmosferica.

Al fine di garantire il contenimento dei consumi energetici, sono state inoltre utilizzate vetrate a bassa dispersione termica, debitamente schermate nel fronte più esposto alla radiazione solare tramite un portico.

Accanto a questi elementi, un attento studio delle percezioni sensoriali e l'utilizzo di forme e colori appropriati ad ogni singolo locale hanno portato alla realizzazione di un ambiente confortevole e salubre. Esso è in grado di fornire la corretta sensazione di "holding environment", cioè di "ambiente di supporto" che, investendo la maggior parte dei sensi dei bambini, dia loro sicurezza e serenità durante la permanenza lontano da casa.



La facciata principale



L'ingresso



Lo spazio interno



## 2. IL PERCORSO EDUCATIVO

### 2.1 Spazi per l'educazione: genesi e trasformazione

#### *Strutture educative da 0 a 6 anni: requisiti e articolazione degli spazi*

Un edificio scolastico per la prima infanzia rappresenta il luogo in cui si manifesta il distacco tra il bambino e i genitori.

A questo proposito il progetto architettonico di uno spazio educativo nasce con l'obiettivo di realizzare un luogo accogliente in cui il bambino possa sviluppare nuove relazioni con gli adulti, ma soprattutto con i coetanei, integrandosi quindi con il progetto formativo.

Il bambino rappresenta il punto di partenza e il centro di ogni analisi; è necessario quindi riflettere innanzitutto sulle sue esigenze e sui suoi diritti.

L'edificio scolastico deve costituire non solo uno spazio fisico, ma anche uno spazio di vita, di relazione per una comunità educativa, dove vi sono luoghi per stare in tanti, in pochi o da soli.

Le strutture educative per i bambini da 0 a 6 anni sono tradizionalmente due: gli *asili nido*, da 0 a 3 anni e le *scuole dell'infanzia* o scuola materna, da 3 a 6 anni.

Questa suddivisione non corrisponde a una discontinuità delle fasi di sviluppo del bambino, ma deriva da due istituzioni di origine ottocentesca orientate alla custodia dei fanciulli. In passato, gli asili nido erano infatti di competenza del Dipartimento della Sanità, con metodi e strutture di tipo ospedaliero.

La scuola dell'infanzia era affidata, invece, al Dipartimento delle Politiche Educative e Scolastiche, con l'obiettivo prevalente di sorvegliare e intrattenere i piccoli.

Ora queste due competenze sono unificate, assumendo come criterio guida l'orientamento pedagogico e formativo anche per i bambini dell'asilo nido.

Nonostante i due tipi di scuola manifestino notevoli analogie nell'approccio educativo, è opportuno sottolineare come si differenzino negli aspetti normativi e legislativi; in particolar modo l'asilo nido, istituito con la Legge n. 1044 del 2.12.1971 è di competenza strettamente locale e soggetto a norme tecniche diverse da Regione a Regione.

Al contrario, la scuola dell'infanzia è disciplinata da norme tecniche e finanziarie nazionali.

Il provvedimento del '71 è il primo ad affermare i principi fondamentali del sostegno alla maternità e all'infanzia, dell'educazione e della cura del bambino, con lo *scopo di provvedere alla temporanea custodia dei bambini, per assicurare una adeguata assistenza alla famiglia ed anche per facilitare l'accesso della donna al lavoro nel quadro di un completo sistema di sicurezza sociale.*<sup>12</sup>

Il processo evolutivo del bambino si sviluppa in maniera graduale e continua per tutto l'arco dei sei anni, perciò è necessario rendere meno drammatico il delicato passaggio da un'istituzione all'altra, sia attraverso una stretta collaborazione tra il personale, che a livello di struttura ospitante.

Il progetto e l'organizzazione degli spazi dell'asilo nido e della scuola dell'infanzia fa convenzionalmente riferimento ad un'ipotesi di organizzazione dell'attività educativa come eredità di regolamenti e normative che non corrispondono, specie per le scuole della prima infanzia, alle esigenze attuali dell'insegnamento.

La sezione, ovvero l'unità minima funzionale di queste strutture educative, è costituita da un gruppo di 30 bambini per la scuola dell'infanzia e 10/15 bambini per l'asilo nido. Questi parametri rispondono alle esigenze e alla capacità di sorveglianza da parte degli adulti, ma non soddisfano la necessità di associazione del bambino con gli altri coetanei, né tanto meno favoriscono un buon comportamento da parte di quest'ultimo.

La cosiddetta sezione, infatti, altro non è che la sommatoria di *cellule elementari*, ossia gruppi di lavoro composti da 4/5 bambini che si aggregano e agiscono in maniera abbastanza autonoma o guidati da un'insegnante.

Più gruppi interferiscono negativamente tra di loro quando sono presenti, nello stesso ambiente, più di 20/30 bambini per la scuola materna e più di 18/20 per l'asilo nido.

Risulta evidente, però, come lo spazio scolastico non dovrebbe essere strutturato sul metro della sezione complessiva, quanto piuttosto sul singolo gruppo di lavoro, o angolo attrezzato in cui il piccolo gruppo si raccoglie. A questo proposito gli spazi collettivi non dovrebbero essere grandi saloni, ma aggregazioni di spazi capaci di accogliere piccoli gruppi di bambini, al fine di evitare situazioni dispersive che influiscono negativamente non solo in termini di sorveglianza ma anche di comportamento.

---

<sup>12</sup> Legge n.1044 del 2.12.1971, art. 1

All'interno di entrambe le scuole i bambini vengono suddivisi in sezioni di età omogenea.

Vediamo ad esempio che all'interno del nido si distinguono:

*1<sup>a</sup> sezione da 0 a 9 mesi: lattanti;*

*2<sup>a</sup> sezione da 10 a 16 mesi: semi-divezzi;*

*3<sup>a</sup> sezione da 17 a 24 mesi: piccoli-divezzi;*

*4<sup>a</sup> sezione da 25 a 35 mesi: divezzi.*

Ogni sezione dovrà ospitare al suo interno, sia per quanto concerne l'asilo nido, sia per la scuola dell'infanzia, tutti gli spazi essenziali per la vita del bambino: ambiente di soggiorno, zona riposo, zona dei servizi.

Le linee guida per la progettazione di un asilo nido (Estratto del Capitolato Tipo per la costruzioni di *asili nido* approvato con DD.G.R. nn. 54-3346 del 8.06.1975 e 77-3869 del 7.07.1976) prevedono una superficie utile totale di almeno 345 m<sup>2</sup> per un asilo di 30 posti, articolati in spazi interni ad uso dei bambini e riservate ai servizi generali, preferibilmente disposti a piano terra per consentire un collegamento diretto con l'esterno.

In particolare, per la prima tipologia di ambienti, la normativa prescrive:

#### SPAZI PER LE ATTIVITA' O DI SOGGIORNO

(3,7 m<sup>2</sup> per alunno)



Costituiscono il cuore delle attività ludiche che si praticano a tavolino, nonché delle attività libere o psico-motorie ed espressive.

A livello interpersonale, il soggiorno è ritenuto uno “spazio tramite” tra la tendenza alla socializzazione, all'interno del proprio gruppo e tra i diversi gruppi, e il rapporto privilegiato con l'insegnante. A questo proposito la sua posizione dovrebbe essere intermedia tra le zone più specifiche della sezione (sonno e pulizia) e quelle di intersezione, per esempio con altri soggiorni.

In diretto contatto fisico e visivo dovrà essere prevista anche la zona pranzo, dotata di opportuni arredi e facilmente raggiungibile dal percorso distributivo dei pasti.

### SPAZI PER IL RIPOSO

(2 m<sup>2</sup> per alunno)



Le esigenze di riposo dei bambini fino ai tre anni variano in base all'età. Se per i lattanti le ore del sonno ricoprono gran parte della giornata, per i divezzi costituiscono solo un breve periodo.

Per entrambi è preferibile riservare uno spazio che abbia la possibilità di essere oscurato, anche se non totalmente, e isolato dai rumori per favorire il riposo.

Nel caso dei divezzi, però, è auspicabile progettare un ambiente che possa essere sfruttato nelle restanti ore della giornata per lo svolgimento di altre attività definite “tranquille”, semplicemente potendo riporre i lettini in un angolo riposo.

Notevole importanza assumono le comunicazioni dirette con i servizi igienici per collegare le attività riposo, vestirsi, spogliarsi, con attività pedagogiche molto importanti quali: lavarsi, asciugarsi, etc..

### SPAZI PER LE ATTIVITA' IGIENICHE E DI PULIZIA

(1,2 m<sup>2</sup> per alunno)



Un momento di notevole valore educativo nella vita quotidiana del bambino è costituito dalle attività di pulizia personale e di cure igieniche.

Per i lattanti queste pratiche richiedono la presenza costante di un adulto, dovuta all'incapacità di usare in modo autonomo le varie attrezzature, mentre i divezzi riescono a svolgere in modo più indipendente questo tipo di attività. Per questo motivo, negli spazi riservati ai più grandi è necessario prevedere una distinzione tra la “zona pulita”(dei lavandini) e la “zona sporca”(dei gabinetti), ma dotare entrambe di affacci sulle altre zone della sezione per favorire il controllo da parte delle insegnanti e stimolare un contatto visivo tra il bambino e il resto dell'ambiente.

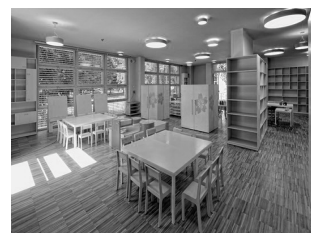
Per quanto riguarda la *scuola dell'infanzia*, il Decreto Ministeriale del 18.12.1975 comprendente le Norme Tecniche aggiornate all'edilizia scolastica, suggerisce di realizzare un numero di sezioni non inferiore a 3, organizzate a piano terra, favorendo il diretto contatto con il terreno di gioco e di attività all'aperto.

La sezione, ovvero l'unità pedagogica, deve ospitare un numero massimo di 30 alunni e garantire lo svolgimento separato delle seguenti attività:

- attività ordinate
- attività libere
- attività pratiche

#### SPAZI PER LE ATTIVITA' ORDINATE

(2,15 m<sup>2</sup> per alunno)



Comprendono sia le attività da svolgere a tavolino, che quelle speciali, entrambe organizzate in piccoli gruppi.

Lo spazio attività è il luogo in cui i bambini trascorrono la maggior parte del tempo e, preferibilmente, deve avere un rapporto diretto con gli altri spazi della sezione, tra cui l'atrio, che svolge funzione di accoglienza per i bimbi, l'ambiente per il riposo, lo spazio servizi e l'ambiente esterno.

E' fondamentale che lo spazio sia articolato in diversi ambiti, cosicché il bambino possa, all'interno di ciascun piccolo gruppo, trovare il giusto ambiente con angoli

attrezzati per lo svolgimento delle diverse attività del suo processo formativo ed evolutivo.

Sono a tal fine ambienti destinati a servire ogni singola sezione.

#### SPAZI PER LE ATTIVITA' LIBERE

(0,9 m<sup>2</sup> per alunno)



Per attività libere si intendono quelle di carattere ludico o complementare e lo spazio ad esse destinate può servire uno, due o tre sezioni. A tal fine è preferibile che questo sia attiguo allo spazio delle attività ordinate con divisioni mobili per permettere in determinate circostanze un uso indistinto degli ambienti e assecondare le necessità didattiche.

#### SPAZI PER LE ATTIVITA' PRATICHE

(1,17 m<sup>2</sup> per alunno)



Per attività pratiche si intendono l'indossare o togliersi gli indumenti, le piccole operazioni di toletta personale, l'uso dei servizi etc.

Lo spazio ad esse riservato deve essere previsto per ciascuna sezione ed è costituito sia dall'ambiente spogliatoio/ingresso alla sezione, sia dal locale lavabi e servizi igienici.

Lo spogliatoio deve essere collocato in una posizione chiave rispetto agli ambienti interni, poiché costituisce per il bambino una zona filtro tra l'esterno e la scuola. A questo proposito è preferibile che sia localizzato nei pressi dell'ingresso all'edificio, o nei pressi delle sezioni. In entrambi i casi deve rappresentare un ambiente facilmente

riconoscibile dai piccoli fruitori affinché sappiano sempre orientarsi e ritrovare il proprio posto e gli oggetti personali.

Il locale per i servizi igienici e la pulizia comprende zone distinte per lavabi e vasi. Deve avere accessibilità diretta dalla sezione, senza l'uso di porte, e deve poter garantire il più ampio controllo delle educatrici. Per questo motivo è auspicabile che questo spazio venga posizionato all'interno di ciascuna sezione piuttosto che in un nucleo più ampio di servizi centralizzato.

## ZONA PRANZO

(0,4 m<sup>2</sup> per alunno)



Il D.M. del '75 prevede che all'interno delle scuole materne sia riservato un apposito locale adibito a mensa.

L'indice di 0,4m<sup>2</sup> a bambino considera l'ipotesi di un doppio turno di refezione, ormai divenuto prassi consolidata per questi istituti. A servizio della mensa sono previste la cucina, per la preparazione e la cottura dei cibi, la dispensa, per la loro conservazione, un'anticucina e un locale lavaggio delle stoviglie, uno spogliatoio con doccia e servizi igienici per il personale addetto.

Negli asili nido, invece, i bambini mangiano sempre nelle rispettive sezioni; non è necessario un locale mensa ma vanno unicamente previste una cucina e una dispensa, preferibilmente con accesso riservato dall'esterno.

## ZONA SONNO



Nelle norme tecniche non viene indicato un valore di superficie per questa funzione. Esso dovrà essere ricavato all'interno dello standard indicato per ogni singola sezione al quale è destinato. Nelle sezioni dei più piccoli si dovrà prevedere uno spazio capace di ospitare circa il 75% dei bambini, mentre per i più grandi il valore decresce fino al 20/25%.

Si deve prevedere un ambiente idoneo ed attrezzato, protetto dai rumori dei locali adiacenti, moderatamente illuminato, con una discreta flessibilità d'uso per lo svolgimento di altre attività compatibili e in grado di consentire il controllo visivo da parte delle insegnanti.



*Edificio, Salute, Ambiente*

*“La scuola deve essere tutta concepita con la visione del bambino, della sua vita e delle sue necessità psicologiche, fisiche ed igieniche. Per questo piccolo essere necessitano soprattutto: sole, luce, aria, gaia tranquillità e sicurezza.”<sup>13</sup>*

La sezione è un luogo che permette al bambino lo sviluppo e la crescita delle capacità intellettive.

Affinché questo avvenga è importante che essa costituisca un involucro adeguato a fornire continuamente stimoli per il corpo e la mente dei piccoli, attraverso idonee scelte progettuali atte alla realizzazione di un adeguato microclima interno.

La permanenza in questi ambienti rappresenta gran parte della giornata di un bambino e durante tutte queste ore si assiste a una variazione costante dei parametri termofisici interni.

Obiettivo principale sarà quello di prevedere soluzioni, per i componenti dell'involucro e per gli impianti, che consentano un adeguamento alle variazioni di temperatura e del grado igrometrico, nonché un controllo dei diversi livelli di illuminamento, sia naturale che artificiale.

Studi di igienisti hanno dimostrato, infatti, che il mantenimento di condizioni termigrometriche ottimali dei locali, ma perennemente costanti nel tempo, arreca affezioni soprattutto delle vie respiratorie.

E' indispensabile progettare un edificio che garantisca il mantenimento del confort interno e del benessere fisiologico facendo il minimo ricorso a impianti. Già in fase progettuale si deve pertanto agire sulla forma, sulle dimensioni, sui materiali e su tutte quelle componenti che determinano l'involucro.

I principali fattori da controllare per ottenere una condizione di benessere sono: temperatura, purezza e velocità dell'aria, umidità relativa, ma anche illuminamento e rumori di fondo.

Per temperatura si intende il valore comprendente sia la temperatura dell'ambiente, sia la temperatura media delle pareti e delle finestre. Una giusta temperatura deve tener

---

<sup>13</sup> G. Minnucci, *Scuole: asili d'infanzia, scuole all'aperto, elementari e medie, case del balilla, palestre ed impianti sportivi. Criteri, dati, esempi per la progettazione, la costruzione e l'arredamento*. Cit in : L. Quattrocchi, *Architetture per l'infanzia*, Umberto Allemandi & C., Torino 2009, p. 79

conto dei diversi locali all'interno della scuola, ma soprattutto del tipo di attività che i bambini vi svolgono (in movimento, seduti, di corsa etc.).

Un parametro fondamentale per il controllo della temperatura è il numero dei ricambi d'aria (regolato dal D.M. del 18.12.1975 dell'edilizia scolastica).

Essi ristabiliscono il normale tasso di anidride carbonica all'interno della scuola in relazione alla permanenza dei bambini.

Quando si parla di confort è necessario far riferimento, specie quando si affronta il tema di edifici scolastici, anche al confort luminoso. In ambienti chiusi, destinati soprattutto all'infanzia, il benessere visivo deriva da un corretto rapporto tra illuminazione naturale e artificiale. La quota parte maggiore deve essere riservata alla luce naturale e qualora si ricorra ad un'integrazione con fonti artificiali esse devono ricreare il più possibile condizioni simili a quelle delle fonti naturali.

La luce esterna, con i suoi cambiamenti di intensità e di colore, *permette la più vasta gamma di esercizi di percezione*<sup>14</sup> per i bambini.

Il parametro di riferimento nel controllo dell'illuminazione naturale è il fattore medio di luce diurna. Esso è fissato sia dal D.M. del 18.12.1975, sia dalla UNI EN 12464-1/2004 (Illuminazione dei posti di lavoro) e corrisponde ad un valore di almeno 300 lux per le aule gioco e dei lavori manuali sia degli asili nido, sia delle scuole dell'infanzia.

Nel controllo dell'illuminazione naturale particolare attenzione deve essere rivolta all'equilibrio delle luminanze e all'esclusione dell'abbagliamento.

Le sorgenti luminose naturali, però, non forniscono solo luce, ma anche calore. Un ambiente orientato in maniera tale da captare la maggiore quantità di raggi luminosi, nei mesi più caldi può essere soggetto anche al fenomeno sgradito del surriscaldamento.

Per questo motivo è necessario prevedere, in alcuni casi, opportuni sistemi di schermature per le superfici trasparenti, ad esempio frangisoli a pale orientabili meccanicamente, che permettono il guadagno termico invernale, ma impediscono, nel periodo estivo, l'azione diretta dei raggi luminosi.

Per quanto riguarda il livello di confort acustico è necessario prevedere sia l'isolamento tra l'aula e gli altri ambienti, sia la fono assorbenza all'interno dell'aula stessa. E'

---

<sup>14</sup> M. Bartoletti, G. Maggiora, M. Zaffagnini, *L'esperienza didattica e la sua evoluzione*, cit in: I. Gamberini, *Il progetto della scuola*, Faenza Editrice, Faenza 1976, p. 16

importante, per quanto riguarda le stimolazioni acustiche, evitare tanto il silenzio assoluto quanto i rumori fastidiosi.

Il D.P.C.M del 5.12.1997 definisce i valori limite delle grandezze che determinano i requisiti acustici passivi dei componenti degli edifici e delle sorgenti sonore interne, compresi gli impianti tecnologici. Per ogni classe di appartenenza (le scuole sono incluse nella categoria “E”), la normativa fissa i valori relativi al potere fonoisolante apparente degli elementi di separazione tra ambienti interni e delle tamponature esterne, e quelli riferiti al livello di calpestio e alla rumorosità degli impianti ad uso continuo e discontinuo.

*Ogni edificio scolastico nel suo complesso ed in ogni suo spazio o locale deve essere tale da offrire a coloro che lo occupano condizioni di abitabilità soddisfacenti per tutto il periodo di durata e di utilizzo, malgrado agenti esterni normali; queste condizioni di abitabilità debbono garantire inoltre, l'espletamento di alcune funzioni in caso di agenti esterni anormali.*<sup>15</sup>

Le condizioni sopra citate comprendono quelle precedentemente trattate: condizioni acustiche, dell'illuminazione e del colore, termoigrometriche e di purezza dell'aria.

Un ulteriore aspetto rilevante all'interno della progettazione riguarda l'efficienza energetica dell'edificio.

La Legge Regionale E.R. 158.08, con recepimento delle direttive comunitarie e nazionali, si pone l'obiettivo di conseguire il miglioramento del rendimento energetico degli edifici e disciplina:

- gli standard minimi di rendimento energetico degli edifici e degli impianti;
- le metodologie per la valutazione della prestazione energetica degli edifici ed impianti;
- la certificazione energetica degli edifici;
- la promozione di servizi energetici e misure di sostegno rivolti all'utenza finale, per contribuire al miglioramento dell'efficienza degli usi finali dell'energia, al controllo della domanda di energia ed alla produzione di energia da fonti rinnovabili.

Gli interventi per il risparmio energetico sono rivolti a tutti gli edifici, qualunque sia la destinazione d'uso. In strutture di nuova realizzazione l'attuazione di queste misure

---

<sup>15</sup> D.M. 18.12.1975, art.5: Norme relative alle condizioni di abitabilità

deve avvenire, innanzitutto, in fase progettuale. Devono quindi essere previste soluzioni idonee al soddisfacimento dei requisiti imposti dal decreto, concentrando l'attenzione sulla corretta realizzazione dell'involucro. Sono proprio le scelte in fase progettuale quelle che concorrono maggiormente al raggiungimento di prestazioni energetiche ottimali; per questo è necessario un approccio progettuale integrato per definire le soluzioni più efficaci sotto il profilo dei costi e dei benefici per l'utenza.

I provvedimenti della normativa sono finalizzati a favorire il risparmio energetico, l'uso efficiente delle risorse, la valorizzazione e l'integrazione delle fonti rinnovabili negli edifici, contribuendo a conseguire la limitazione delle emissioni inquinanti e climalteranti, anche nell'ottica del rispetto degli obiettivi posti dal protocollo di Kyoto.<sup>16</sup>

Un edificio energeticamente efficiente è il punto di partenza di una considerazione di carattere più generale; un edificio che “vive bene” permette anche ai suoi fruitori di “vivere bene”, garantendo condizioni di confort ottimali.

In particolar modo, se si tratta di una struttura educativa, le finalità ad esso preposte sono maggiori a causa delle esigenze dei piccoli utenti che si trova ad accogliere. Inoltre, un edificio energeticamente efficiente contribuisce al miglioramento non solo delle condizioni interne, ma anche dell'ambiente esterno, che nel caso della crescita e della formazione del bambino è di primaria importanza.

La normativa inserisce gli edifici adibiti ad attività scolastiche all'interno della categoria E.7 e definisce, in base alla zona climatica di riferimento, i valori ottimali di S/V, i limiti di trasmittanza termica delle chiusure opache e trasparenti, nonché prescrizioni per il contenimento dei consumi energetici in regime estivo al fine di ottenere un ottimale indice  $E_p$  (indice di prestazione energetica).

Il benessere fisico all'interno di un edificio riveste una particolare importanza; diversi parametri influenzano il rapporto tra il corpo umano e l'ambiente e le variazioni di tali parametri modificano la sensazione di confort o di disagio degli utenti. La crescente domanda di benessere fisico, psichico e sociale implica il benessere ambientale in termini di salubrità del costruito, corretto inserimento territoriale, assenza di elementi nocivi e salvaguardia dell'ambiente naturale.

---

<sup>16</sup> Legge Regionale E.R. 158.08, Parte Prima art. 1.1

### *Qualità degli spazi educativi*

Nell'intraprendere il progetto di un asilo nido o di una scuola per l'infanzia si deve avere la consapevolezza dei bisogni dei piccoli fruitori. Nell'età tra 0 e 6 anni il bambino presenta un'altissima capacità ricettiva nei confronti del mondo esterno; egli rappresenta una vera e propria "spugna" in grado di captare con un'intensità straordinaria tutti gli stimoli che l'ambiente che lo circonda sa trasmettere. E' importante, pertanto, costruire un luogo accogliente, stimolante, bello, sul quale si impostano modalità di comportamento e di relazione e attraverso il quale si può favorire l'apprendimento, l'autonomia nel poter vedere, toccare, esplorare, sperimentare.

La distribuzione degli spazi, ma anche le luci, i colori, i suoni, il contatto fisico, sono elementi essenziali per rispondere alle esigenze del bambino, centro del pensiero e dell'attenzione da parte degli insegnanti, ma anche e soprattutto dei progettisti.

Questi ultimi, in particolare, dovranno tener conto di alcuni parametri che, specie in questo genere di edifici, vengono considerati comunemente apportatori di qualità architettonica e ambientale, e inoltre corrispondono alle aspettative e, spesso, richieste degli stessi educatori.

Alcuni tra questi sono: la *trasparenza*, la *flessibilità*, la *modificabilità*, la *riconoscibilità*.

La prima permette una continuità visiva tra diversi ambienti interni, pur essendo fisicamente divisi. È un attributo da applicare a pareti divisorie, porte, elementi separatori in genere; l'obiettivo coinvolge l'insegnante, che in questo modo ha la possibilità di vigilare su spazi più grandi, ma soprattutto il bambino. La possibilità di vedere altri gruppi di lavoro e altri ambienti riduce il senso di isolamento, ma non implica interferenza reciproca.

Le vetrate esterne consentono, invece, un rapporto visivo costante con il mondo della natura e dei giochi all'aperto. Superfici trasparenti sufficientemente ampie, oltre a soddisfare esigenze interne di illuminazione naturale, proiettano psicologicamente il bambino all'esterno rendendolo partecipe alle trasformazioni stagionali del mondo vegetale che li circonda.

Per *flessibilità* si intende quella caratteristica che dovrebbero avere alcuni spazi per consentirne l'ottimizzazione d'uso durante tutta la giornata e garantirne funzioni adeguate alle mutevoli esigenze.

I diversi aspetti della flessibilità sono legati a problemi di raccordo tra la progettazione architettonica e quella tecnologica dell'edificio. All'interno si distinguono una

flessibilità *di progetto*, legata alla possibilità di scelta iniziale degli utenti di diverse organizzazioni spaziali; una *continua*, riconducibile alla possibilità di adattare gli spazi alle diverse esigenze; e una *istantanea*, relativa ad una trasformabilità che consente il ripristino delle condizioni iniziali.

La *modificabilità* riguarda, invece, la possibilità di cambiare non solo la funzione, ma anche le dimensioni di un locale per soddisfare nuove necessità. È un'operazione di tipo occasionale, ma già in fase di progettazione si devono prevedere le condizioni affinché possa essere attuabile senza grossi impedimenti.

La *riconoscibilità* permette al bambino di orientarsi all'interno della struttura e di essere guidato verso la sezione, vero centro della permanenza nella scuola, garantendo maggior sicurezza e controllo dello spazio.

Questo parametro può essere soddisfatto attraverso un pertinente uso del colore, distinto da sezione a sezione, ma anche attraverso l'arredo, indispensabile nella gestione dei parametri spaziali.

Il bambino necessita di stimoli continui alla comunicazione, all'acquisizione di esperienze e di forme espressive sempre più evolute. La sua capacità di entrare in relazione con altre persone è, però, ancora limitata; si evidenzia pertanto la necessità di fornirgli dei luoghi conosciuti che possano diventare riferimenti costanti. La disposizione dell'arredo, integrata a un'attenta progettazione dello spazio, permette di individuare per il singolo bambino, o per piccoli gruppi, l'ambiente giusto con cui relazionarsi, ricreando ad esempio angoli riparati, nicchie, o zone elevate.

I materiali-arredo diventano occasione di relazione tra bambino e bambino e tra bambino e adulto, con un contatto diretto che favorisce lo sviluppo del processo educativo.

Nella concezione di crescita delle capacità sensoriali attraverso l'organizzazione degli spazi educativi, un ruolo predominante è assunto dall'ambiente esterno.

La normativa sugli edifici scolastici prevede che le strutture scolastiche dell'infanzia siano dislocate ai piani terra per consentire un contatto diretto con lo spazio all'aperto. Esso rappresenta un'estensione dei locali di soggiorno e per le attività ordinate, un prolungamento esterno di questi ambienti. Qui gli insegnanti possono sviluppare le stesse attività dei laboratori interni in condizioni ambientali diverse che favoriscono l'uso di materiali di altra natura e dimensione.

Affinché il tempo trascorso all'aperto sia complementare e non un semplice intervallo alle ore passate all'interno, è necessaria un'organizzazione attenta degli spazi esterni.

A livello progettuale è importante, perciò, studiare gli spazi del giardino come continuità dell'edificio, in parte anche coperti, capaci di stimolare l'esplorazione mediante piccoli dislivelli, pavimentazioni non accidentate e percorsi ben definiti, attrezzature per giochi manipolativi (sabbiere, vasche d'acqua..), zone d'ombra e riposo, campi per giochi avventurosi, opere a verde, arredi e recinzioni.

Il risultato finale di questo processo di analisi e approfondimenti deve quindi essere una progettazione cosciente della pluralità di implicazioni esistenti tra struttura fisica e attività, tra requisiti ambientali e prestazioni tecnologiche, che tenga in considerazione i continui mutamenti dell'evoluzione dei criteri educativi e delle esigenze sociali.

## 2.2 Il modello “Reggio approach”: un esempio di pedagogia applicata

*Le scuole hanno l'abilità di cambiare la comunità, le scuole stesse diventano motori etici di comunità di relazioni. Le scuole esprimono la nostra società, ma le scuole sono anche in grado di generare una nuova società. L'educazione è un percorso, un cammino fatto di molti dubbi, in cui nessuno può dire di avere scoperto il metodo definitivo.*

Loris Malaguzzi

Reggio Children è una società cui il Comune di Reggio Emilia ha scelto di dare vita nel 1994 per gestire gli scambi pedagogici e culturali già da tempo avviati fra le istituzioni per l'infanzia del Comune e numerosi insegnanti, ricercatori e studiosi di tutto il mondo. Da un'idea di Loris Malaguzzi, psicologo reggiano, negli anni '60 è stata intrapresa una attività di ricerca nel campo della relazione tra architettura e pedagogia. È nata così una nuova esperienza che, ispirando le proprie ragioni e finalità ai contenuti ed ai valori propri dell'esperienza educativa elaborata e praticata nei nidi e nelle scuole comunali reggiane, promuove la valorizzazione e diffusione del patrimonio di conoscenze in essi sviluppato.

La qualità dei programmi educativi della prima infanzia può avere effetti positivi e duraturi sullo sviluppo del bambino anche al di là della scuola. Nei primi anni i bambini sono competenti, curiosi e consapevoli, hanno proprie teorie su come il mondo funziona, pertanto la conoscenza delle loro esigenze e motivazioni didattiche sono condizioni di cui tenere conto all'interno di una progettazione consapevole di un edificio scolastico.

La filosofia di Reggio Emilia, conosciuta oggi in tutto il mondo, aiuta genitori ed educatori a comprendere la straordinaria capacità di apprendimento che caratterizza la prima infanzia. I bambini, fin dalla nascita, utilizzano molti “linguaggi”, come l'arte, la musica, il gioco, il teatro, per comprendere il mondo e dare significato alla realtà che li circonda.

Questo è il punto di partenza del “Reggio Approach”, dove si valorizza una visione del bambino molto ricca, rispettosa, complessa, umana e creativa; l'educazione si caratterizza come una ricerca continua da svolgere insieme al bambino, il quale da individuo passivo diviene vero protagonista del processo di crescita.



Le peculiarità che rendono unico questo approccio all'educazione sono prevalentemente quattro:

la prima è che si tratta di un progetto Zerosei che vuole fare un'unica proposta educativa per i bambini che vanno da zero ai sei anni, in una prospettiva di continuità di valori piuttosto che di separazione.

Il secondo aspetto da evidenziare riguarda il tema della partecipazione, in quanto diviene fondamentale che i quattro protagonisti che abitano la scuola ossia i bambini, gli insegnanti, i genitori e la città, partecipino in modo attivo e corresponsabile alla costruzione della vita scolastica.

Un ulteriore elemento costitutivo dell'approccio si manifesta in una metafora: la scuola dei cento linguaggi; tale espressione è legata a una poesia dello stesso Loris Malaguzzi, in cui si afferma che il bambino deve avere la possibilità di comunicare attraverso "cento linguaggi", possibilità di cui è portatore e che la scuola e la comunità gli devono riconoscere e offrire. Il bambino diviene egli stesso insegnante per se stesso attraverso l'utilizzo di molteplici materiali e sviluppando la creatività, l'olfatto, il tatto.

Il Metodo evidenzia alcuni punti importanti e per certi aspetti innovativi:

- il bambino è al centro del processo educativo;
- il bambino può e deve essere sollecitato a esprimere il "sé";
- al bambino si può insegnare il rispetto per gli altri, laddove anche gli altri bambini sono "soggetti di diritti";
- i linguaggi attraverso cui è possibile esprimere il "sé" sono numerosi e bisogna proporli al bambino affinché egli possa esprimersi attraverso quello che gli è più congeniale;
- la funzione dell'insegnante è prevalentemente di indirizzo e di orientamento.

Il progetto educativo si fonda su un'immagine dell'infanzia che guarda al bambino come a un individuo competente fin dalla nascita che ha, quindi, i suoi modi di conoscere e di entrare in relazione con il mondo e con gli altri.

Il senso di appartenenza al gruppo e la massima facilitazione dei processi di comunicazione sono la chiave di tutto il progetto in quanto, essendo ogni soggetto considerato come portatore del proprio patrimonio personale di esperienza gli viene data la possibilità di condividerla in un reciproco scambio con gli altri. Pertanto il bambino viene motivato, sollecitato a scrivere e a prendere decisioni in modo cooperativo; questo significa che la scuola parte dal presupposto di avere davanti non solo un bambino ma

anche un interlocutore importante, interessante, capace di dialogare con gli altri e che porta il suo punto di vista sulle cose che incontra.

La parola d'ordine è quindi promuovere la formazione, fin dalla più tenera età, favorendo la maggiore e migliore integrazione possibile fra tutte le forme del linguaggio e dell'espressività umane. Sviluppando nei bambini l'abilità nel trovare autonomamente delle nuove strategie di adattamento di fronte alle problematiche che la vita pone loro davanti, questi potrebbero mettere in campo delle risorse nuove.

Considerata come uno dei migliori sistemi scolastici al mondo, la filosofia di Reggio Emilia coinvolge e fa lavorare insieme tutte le diverse prospettive della comunità educante.

Insegnanti, genitori, bambini e gli stessi progettisti diventano così i protagonisti di un rinnovamento della qualità degli approcci alla didattica e ad una progettazione consapevole.

### 3. IL CONTESTO E L'INTERVENTO

#### 3.1 Il contesto

##### *Bertinoro: ai piedi della Rocca*

“Chi da Rimini si reca a Bologna, attraversando con l’antica via Emilia l’ubertosa pianura romagnola, vede erigersi repente alla sua sinistra, tra Forlì e Cesena, uno sperone di monte, quasi baluardo degli Appennini. Sulla cresta di esso si sdraia un paesello; sulla cima troneggia una forte rocca che domina tutta la Romagna: questo è Bertinoro, cittadina piccola e di poca importanza oggi, ma in passato forte, potente e sede gradita al fiore della gentilezza d’Italia”.<sup>17</sup>



Sito sulle colline romagnole, a pochi chilometri dalla Via Emilia, fra Forlì e Cesena, Bertinoro si staglia sulla cima del Monte Cesubeo e comprende anche l'attiguo Monte Maggio che collocato a 328 m.s.l. ne rappresenta il punto più alto.

Quattro milioni di anni fa tutta la pianura romagnola era sotto le acque del mare e lo stesso colle di Bertinoro ancora non esisteva; circa duecentomila anni fa la pianura era percorsa da torrenti che mutavano continuamente il loro percorso, dando origine a straripamenti e zone paludose.

In seguito al ritrovamento di numerosi reperti archeologici nell’area termale di Panighina nel 1870, si ritiene che la presenza dell’uomo nell’area di Bertinoro risalga al periodo compreso tra la fine del Neolitico (3000-2500°a.c.) e la prima metà dell’Età del Ferro (2500-1800 a.c.). L’esame stratigrafico e dei manufatti testimonia un organismo territoriale elementare, mentre l’origine della contea bertinorese risale intorno all’anno 1000, quando il luogo fortificato viene compreso in una consistente donazione alla Chiesa.

Il territorio bertinorese rivela un diffuso popolamento rurale in epoca romana, dove si assiste all’adattabilità della tipologia urbana anche in situazioni di pendio e alla nascita

---

<sup>17</sup> Assessorato alla Cultura de Comune di Bertinoro, (a cura di), *L’archeologo scopre la storia: Luigi M. Ugolini (1895-1936)*, Giornata Internazionale di Studi, Bertinoro 1996

dei primi nuclei abitati alle pendici e alla base del colle. La pianura romagnola si rivela però un ambiente quasi invivibile all'uomo, dove i continui straripamenti dei fiumi danno origine ad ampie zone acquitrinose. La permanenza di strutture pianificate di ampia estensione nella complessa morfologia del territorio è dunque la logica conseguenza delle grandi centuriazioni di pianura realizzate in tempi diversi ma rispondenti alle varietà delle condizioni fisiche del luogo.

Un primo sviluppo della futura Bertinoro avviene con la costruzione di importanti arterie di comunicazione che collegano questa parte di Romagna con le grandi città romane di Forlì e Rimini. Si procede alla costruzione di una grande strada in grado di favorire il commercio, la via Emilia, a ripresa dell'antico sentiero pedemontano tracciato dagli uomini ai piedi delle colline.

Si pensa che Bertinoro in origine fosse un semplice avamposto di avvistamento o di rifugio e che solo con l'avvento delle invasioni barbariche e la conseguenziale distruzione di questo primo nucleo abitativo venne trasferito sulla cima del Monte Cesubeo, al riparo da altri eventuali pericoli.

Nel periodo dal 950 al 1202 l'assetto urbanistico della cittadina comprendeva una cerchia di mura, collegata ai borghi esterni da tre porte, le case-torri, residenze dei nobili e simbolo di ricchezza e potenza, una pieve. Il luogo occupato dal paese era detto "Castrum Cesubeum", mentre con la denominazione di "Castrum Brittinori" si indicava il luogo dove oggi sorge la Rocca.

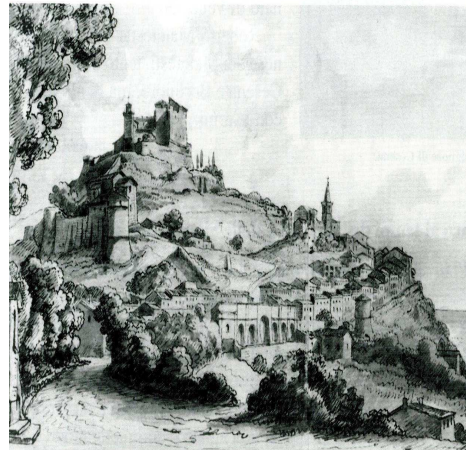
È da questo momento che possiamo parlare di Bertinoro, un nome che ha suscitato molte contese ed ha visto nascere molte leggende sulla sua origine. L'etimologia più verosimile è quella che vuole Bertinoro derivare da Britannia, o meglio dall'usanza dei pellegrini, che da Roma erano diretti verso le terre britanne o viceversa, di fare tappa sul colle Cesubeo per ristorarsi.

Un'altra ipotesi sull'origine del nome, a sfondo leggendario, è legata alla figura di Galla Placidia che, assaggiando il nettare di Albana prodotto dalle vigne locali, pronunciò le parole: "Non di così rozzo calice sei degno, o vino, ma di berti-in-oro!".

Con l'avvento del Medioevo, Castrum Cesubeum si dota di una cinta muraria e di una imponente Rocca, degno coronamento del colle. Questa costruzione rappresenta il nucleo di un sistema difensivo che comprende una forte cerchia di mura rinforzate da 4 torrioni, un ponte levatoio ed una serie di porte fortificate che garantiscono la sicurezza del borgo.

La Rocca, adeguandosi all'andamento del terreno e rimanendo indipendente dal reticolato stradale, è in grado di riparare la città anche dagli attacchi più cruenti, laddove i torrioni e le mura sono perfettamente integrati sugli speroni di roccia naturali che da soli rappresentano già un baluardo di difesa per la città.

Essa resta per molto tempo il cuore pulsante del paese e funge, oltre che da residenza signorile, da deposito di provviste ed acqua, prigione e centro della vita militare. Dopo aver ospitato Federico Barbarossa nel 1177, le sue mura accolgono personaggi legati alle famiglie Sforza e Borgia, fino a divenire sede vescovile. È oggi sede del Museo di Arte Sacra e del Centro Universitario di Bertinoro, gestito dall'Università di Bologna, all'interno del quale si tengono durante l'anno numerose scuole universitarie di specializzazione.



Bertinoro nella prima metà dell'Ottocento

Alla Rocca viene affiancato nel 1306 il Palazzo Comunale, tuttora adibito a residenza municipale e dominante la splendida piazza centrale, Piazza della Libertà, dalle cui balaustre si gode il panorama della Romagna.

Proprio grazie alla sua posizione dominante sulla pianura sottostante, la città di Bertinoro è stata infatti appellata “balcone di Romagna” e, lungo la strada che sale verso la Rocca, si incontrano ancora oggi numerose terrazze pubbliche dette “belvedere”, “bellosguardo”, “bellavista”.



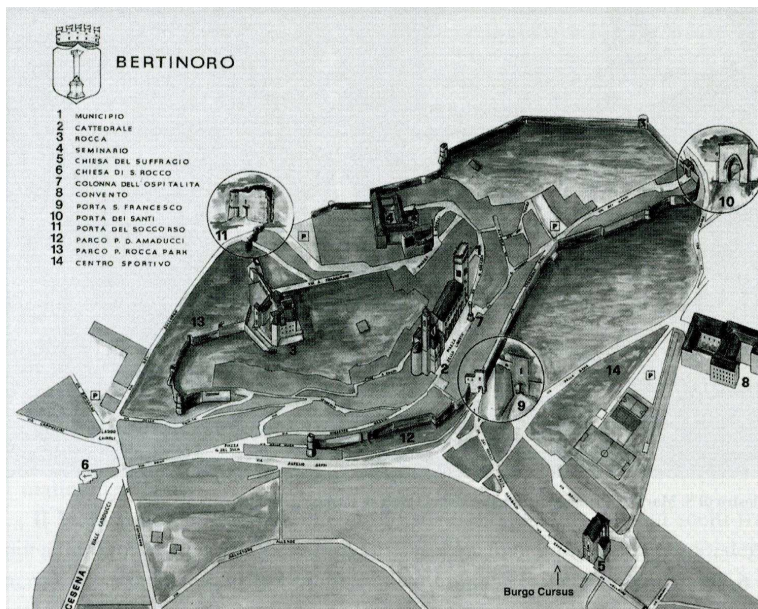
La terrazza panoramica

Nel corso del XIV secolo si assiste a continue lotte tra le famiglie della nobiltà romagnola per impadronirsi del potere e trasformare il Comune in Signoria; è proprio verso la fine del secolo che Bertinoro acquista il titolo di *civitas*.

I secoli successivi vedono lo Stato della Chiesa governare la Romagna, spesso terra di conquista da parte di popoli stranieri e scenario di lotte e congiure tra le varie dinastie.

Fin verso la fine del 1600 l'abitato di Bertinoro è quasi interamente circoscritto dalle vecchie mura, mentre la piazza è abitata dalle famiglie facoltose.

Tutt'oggi il paese si presenta come un tipico borgo medievale e nel centro storico non è inusuale vedere le strade ciottolate che si arrampicano verso la Rocca e sentieri che costeggiano i resti dell'antica cinta muraria, della quale solo due delle quattro porte si presentano ancora ben conservate.



Itinerari nel borgo

La ricchezza storico-culturale di Bertinoro non si rivela unicamente nelle attività legate al turismo gastronomico e culturale del centro storico, ma si compone di più parti.

La zona collinare, con attività legate all'agricoltura, fa' di Bertinoro un importante centro di produzione vinicola, sicuramente favorito dalla conformazione geografica, dalla qualità e natura del terreno, dalla favorevole esposizione e dalla mitezza del clima. Oggi i vigneti allineati in forma regolare, a filare, caratterizzano il paesaggio agrario di queste colline e la presenza di numerose cantine, quasi tutte a conduzione familiare, testimoniano la peculiarità di questa terra.

Per quello che concerne l'artigianato e l'industria Bertinoro può godere dell'indotto economico prodotto nella frazione Panighina, che vede la presenza di una estesa zona



industriale con aziende leader nel settore degli imballi e plastici - elettrici. Il sorgere di fabbriche lungo l'asse della via Emilia ha determinato la discesa verso la pianura e l'abbandono di poderi nella parte collinare.

Da non trascurare il turismo, che può contare su terme poste in località Fratta, all'interno delle quali è possibile passeggiare immersi nel verde in un secolare parco.

Le due realtà, quella rurale e quella industriale, convivono nella comunità in contrasto tra loro, nonostante la prima presenti condizioni economico-sociali-culturali in fase di progressiva urbanizzazione.

Le aree si sono differenziate nel tempo per alcune caratteristiche del luogo: la storia (intesa come tradizioni, costumi, abitudini), le relazioni (quali scambi, rapporti, comunicazioni), l'economia (come benessere, attività produttive).

Nell'ultimo decennio è ricominciato un lento, ma significativo, controesodo con effetti evidenti sia a livello culturale che demografico. La progressiva espansione di alcune frazioni di Bertinoro, quali Panighina, Capocolle, Fratta Terme, Santa Maria Nuova, ne ha determinato l'appellativo di *Comune Policentrico*, a sottolineare le strette relazioni di tipo economico, sociale, culturale.

Ogni frazione assume una propria rilevanza all'interno del territorio contribuendo così, attraverso dotazioni e servizi, alla valorizzazione dell'intero ambito comunale. Le dimensioni contenute di quest'ultimo fanno sì che i tempi di percorrenza tra le diverse località siano relativamente brevi.

Il comune di Bertinoro conta ad oggi circa 10.905 abitanti, residenti principalmente nell'area di Bertinoro capoluogo, di Fratta Terme e Santa Maria Nuova ed è in quest'ultima frazione che sta avvenendo nel corso degli ultimi anni l'espansione territoriale.

Nel corso dei secoli il centro di Bertinoro si è esteso lungo i crinali e verso valle, adagiando le aree costruite ai piedi della collina. Queste ultime sono prevalentemente di tipo residenziale, con l'eccezione di un numero ridotto di servizi produttivi e per il terziario, per lo più situati nel centro storico a eredità delle prime fasi di espansione. Bertinoro si presenta come un centro principalmente rivolto all'ospitalità dei visitatori con una notevole presenza di locali per ristorazioni.

L'area produttiva del comune è concentrata nella frazione di Panighina favorita anche dall'immediata vicinanza con l'asse viario della via Emilia che la attraversa; gli edifici industriali del settore secondario si ergono in maggioranza a fianco di una piccola percentuale di residenze, per lo più di recente realizzazione.

Negli ultimi decenni l'espansione residenziale ha avuto sfogo nella frazione più a nord del territorio comunale, Santa Maria Nuova, probabilmente a causa di una situazione orografica meno problematica per la stesura di piani regolatori.

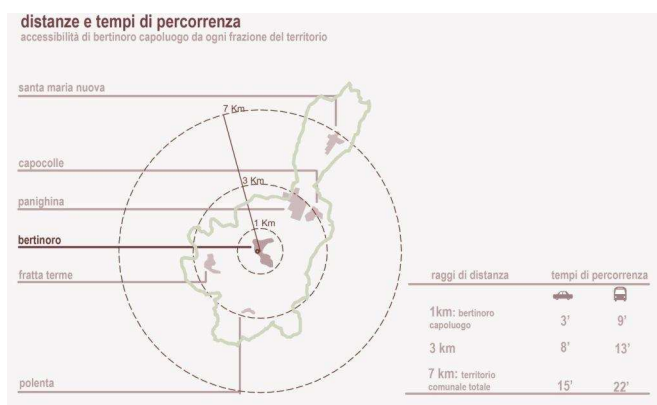
Il territorio completamente pianeggiante e privo di elementi naturalistici vincolanti ha favorito l'accrescimento di questa porzione del comune che si è dotata di un'importante presenza di residenze, costruzioni per il terziario e il settore commerciale.

Anche per quanto riguarda le dotazioni scolastiche si può notare come sia S. Maria Nuova che Bertinoro abbiano un ruolo predominante rispetto alle altre frazioni, con la presenza di comprensori che racchiudono istituti per la prima infanzia, ma anche per l'educazione primaria e secondaria. Essi accolgono i bambini e gli studenti dell'intero territorio comunale grazie anche ad una rete di trasporto pubblico che in brevi tempi riesce a coprire le distanze massime tra le diverse frazioni. Bertinoro e gli altri centri si possono racchiudere in una circonferenza ipotetica di 7 km che, considerando i tempi di percorrenza in macchina e in autobus è colmabile rispettivamente in 15 e 22 minuti.

Le reti di trasporto urbano, tram e autobus, consentono facilmente a chiunque, studenti compresi, di spostarsi tra i diversi centri da S. Maria Nuova a Polenta. È anche grazie a questo tipo di servizio pubblico che possiamo parlare di intense relazioni e strette connessioni tra le diverse frazioni, ognuna complementare alle altre e in grado di



soddisfare le esigenze e le richieste di una clientela variegata, siano queste riguardanti il settore turistico, commerciale/produttivo o terziario.



*Dotazioni e programmi di sviluppo dei servizi scolastici comunali*

Finchè l'amministrazione delle scuole elementari non fu affidata ai Consigli Scolastici Provinciali (1911) e quindi direttamente allo Stato, l'istruzione pubblica a Bertinoro fu servizio regolato dalle decisioni prese dalla Comunità.

Nel XV secolo l'istruzione primaria è un privilegio riservato ai figli delle famiglie nobili e borghesi e il Consiglio degli Anziani incarica un solo maestro all'anno per istruire gli scolari.

Nella seconda metà del Settecento la scuola consiste in una camera situata in una casa di proprietà comunale, mentre nel centro urbano le classi elementari sono sparse in diverse residenze private e soggette a continui spostamenti, con evidente disagio per l'insegnamento.

Per diversi secoli, fino alla fine dell'Ottocento, la Comunità è sprovvista di un vero e proprio edificio scolastico a causa dell'esiguo numero di frequentanti; fino al 1890 il Comune non ha fabbricati scolastici propri.

Alla fine del XIX secolo il seminario vescovile viene soppresso e dichiarato "Stabilimento di Pubblica Istruzione"; successivamente il Comune acquisisce un imponente palazzo e lo adibisce a locale scolastico.

All'aumento della popolazione scolastica corrisponde negli anni successivi un fiorire di plessi scolastici nelle frazioni vicine.

Ad oggi, l'Istituto Comprensivo Bertinoro racchiude quattro scuole materne, tre scuole elementari e due scuole medie, principalmente collocate nelle frazioni di Fratta Terme, Santa Maria Nuova e Bertinoro Capoluogo. In particolare queste ultime due località ospitano un plesso per ciascuno dei tre ordini, ma risultano privi di un edificio adibito a nido, in grado quindi di accogliere bambini da zero a tre anni.

A questo si lega la richiesta dell'Amministrazione di realizzare a Bertinoro Capoluogo una nuova struttura in prossimità della scuola dell'infanzia esistente e a completamento del polo scolastico comprendente la scuola elementare adiacente.

La volontà è quella di potenziare il centro di educazione comunale e creare una maggiore continuità all'interno del percorso formativo del bambino.

### 3.2 L'intervento

#### *Caratteristiche, localizzazione e dati climatici dell'area di intervento*

L'analisi del sito costituisce la prima tappa per determinare le necessità, definire le soluzioni progettuali e promuovere la salvaguardia di un ambiente. Un'architettura compatibile con l'uomo e le sue attività è anche un'architettura rispettosa verso l'ambiente naturale e integrata nel contesto, in grado di soddisfare i bisogni attuali e assicurare quelli futuri.

L'architettura ecosostenibile è fortemente influenzata dal paesaggio ed è quindi indispensabile, nella fase che precede la progettazione, recuperare le informazioni relative a fattori climatici e ambientali del luogo in cui si interviene.

Ne consegue che il progetto architettonico, nel definire la tipologia dell'edificio, studia con attenzione le implicazioni connesse con il contesto climatico, l'orientamento, la forma, le dimensioni e l'inserimento armonico.

L'Istituto Comprensivo di Bertinoro comprende tre scuole dell'infanzia: "Coccinella" di Bertinoro, "Cucciolo" di Santa Maria Nuova, "Mariele Ventre" di Fratta Terme.

L'edificio oggetto di intervento, la scuola "Coccinella" progettata e realizzata nel 1980, è ubicato all'inizio del paese, in via Allende, ed è circondata da uno splendido panorama: di fronte la pianura e la costa adriatica, alle spalle il centro storico del paese arroccato sulla collina. La posizione privilegiata permette una relazione diretta, visiva e pedonale, con la Rocca e la parte alta della città, sempre accompagnata da uno "sguardo a valle".

L'area si caratterizza per la presenza di un elevato muro di contenimento che cinge il perimetro della scuola e sottolinea lo scarto altimetrico con l'area di sedime della scuola elementare adiacente. L'accessibilità pedonale al sito rappresenta una forte criticità dell'area, a causa della presenza di un percorso pedonale interrotto in prossimità dell'edificio e dell'elevato traffico carrabile che caratterizza via allende. Quest'ultima ospita infatti un numero elevato di parcheggi che consentono di raggiungere a piedi il centro storico di Bertinoro, attraverso scalinate e percorsi di risalita.



I percorsi di risalita al centro storico e l'area oggetto di intervento



I principali dati dell'area di intervento:

CITTA': Emilia Romagna, Bertinoro (FC), via Allende 357

SUPERFICIE TERRITORIO COMUNALE: 5.689 m<sup>2</sup>

POPOLAZIONE RESIDENTE: 10.651 abitanti

ALTITUDINE: 254 m s.l.m.

LATITUDINE: 44° 8' 58" 56 N

LONGITUDINE: 12° 8' 6" 72 E

GRADI GIORNO: 2.435

ZONA CLIMATICA: E

CLASSIFICAZIONE SISMICA: Sismicità media



L'accesso all'area da via Allende



Il rapporto visivo con il centro storico



Il fronte ovest e il muro di contenimento che caratterizza l'area

### *Analisi SWOT*

L'analisi SWOT è uno strumento strategico per valutare i punti di *forza* (*Strengths*), *debolezza* (*Weaknesses*), le *opportunità* (*Opportunities*) e le *minacce* (*Threats*) di un progetto.

Essa rappresenta un supporto alle scelte ed è stata utilizzata come input per la generazione di linee guida strategiche in relazione all'obiettivo preposto.

L'analisi ha interessato l'ambiente interno ed esterno dell'area di Bertinoro oggetto di intervento, contribuendo allo sviluppo di metodologie in grado di sfruttare i punti di forza ed eliminare le debolezze per attivare nuove opportunità e difendersi dalle minacce.

Il suo utilizzo è stato un punto di partenza nella prima fase di analisi, per migliorare l'integrazione dell'intervento nel suo contesto.

La validità, in termini di esaustività, è legata in maniera diretta alla completezza dell'analisi preliminare, dove l'oggetto della valutazione è stato studiato per poterne mettere in luce tutte le caratteristiche. In seguito, una lettura incrociata dei fattori individuati ha permesso di delineare le linee da seguire per raggiungere gli obiettivi prefissati.

A scala urbana, la viabilità pedonale rappresenta la principale criticità di Bertinoro, in quanto i percorsi che collegano i diversi livelli della città sono attualmente carenti e difficilmente accessibili a disabili.

L'intento è quello di integrare maggiormente il polo scolastico in fase di ampliamento con il borgo storico e il parco di futura realizzazione.



I percorsi pedonali di progetto integrano quelli esistenti e rafforzano il collegamento tra la scuola e il centro storico

In particolare, nel perseguire lo slogan “a scuola a piedi”, la volontà è quella di realizzare più percorsi “a misura di bambino”, stimolanti dal punto di vista visivo e percettivo, in grado di collegare la città e il polo scolastico. Questi completano i percorsi medievali che si snodano tra le vie del paese fino a raggiungere la Rocca. In particolare, in alternativa alle scalinate esistenti, da via Saffi si potrà accedere alla scuola materna con un percorso di discesa in cui la presenza di terrazze panoramiche consente una sosta e un traguardo visivo verso il paesaggio a valle, importante risorsa del territorio.





Via Allende: percorsi di risalita per via Saffi

A scala locale, raggiungendo l'edificio oggetto di intervento, si evidenzia immediatamente la presenza di un percorso pedonale su entrambi i lati della strada che offre la possibilità di accompagnare il bambino a scuola. La carenza di posti auto in prossimità della struttura sottolinea infatti l'importanza di avere un percorso sicuro che guidi all'ingresso. Quest'ultimo rappresenta però un forte punto di debolezza dell'area in quanto, oltre ad essere inaccessibile a persone disabili, è collocato fortemente a ridosso della strada, costituendo così un pericolo.



Criticità dell'ingresso: prossimità alla strada e inaccessibilità ai disabili

Nonostante l'attuale separazione degli accessi pedonali da quelli carrabili abbia determinato la presenza di un secondo ingresso pedonale, sempre su fronte strada, l'accesso alla scuola rimane una debolezza sulla quale è necessario intervenire in fase di progettazione.



Percorrendo la scalinata d'ingresso risulta subito evidente l'elevato dislivello che caratterizza gli spazi verdi di gioco.



Elevato dislivello che caratterizza gli spazi verdi di gioco

Essi, oltre ad essere carenti da un punto di vista quantitativo, sono spesso in ombra nel corso della giornata, specie sul fronte ovest. Qui, infatti, la presenza di un elevato muro di contenimento che caratterizza questa area di intervento determina un forte ombreggiamento durante le ore pomeridiane, oltre ad un notevole impatto visivo. Queste criticità possono però divenire un importante punto di partenza per la riorganizzazione degli spazi gioco e una riqualificazione del muro che li delimita.

Entrando nella scuola, la compresenza materna-nido determina una promiscuità svantaggiosa, sia in termini di fruizione che di distribuzione interna. Attualmente la struttura ospita infatti quattro sezioni di materna e una di nido, per un totale di 130 bambini. Nonostante la superficie coperta ecceda la quantità richiesta da normativa, si rivela una carenza di spazi fondamentali, quali la mensa, il dormitorio, la biblioteca e gli spogliatoi.

Da qui l'esigenza della stessa Amministrazione di realizzare una nuova struttura per l'infanzia adiacente alla scuola esistente.

L'emergere di tali problematiche ha determinato le tematiche principali e orientato le scelte progettuali al fine di tramutare le criticità e debolezze del sito in opportunità future e punti di forza.

*Gli obiettivi dell'Amministrazione: ampliamento e riqualificazione*

L'Amministrazione Comunale ha richiesto la *realizzazione di un asilo nido* adiacente alla scuola dell'infanzia di Bertinoro Centro.

L'asilo deve essere dimensionato per 30 bambini di età compresa tra i 12 e i 36 mesi, suddivisi in due sezioni: la prima ne ospita 14 dai 12 ai 24 mesi, la seconda 16 dai 24 ai 36 mesi.

In secondo luogo si è evidenziata l'esigenza di un *ampliamento della scuola dell'infanzia* esistente attraverso la realizzazione di un nuovo corpo, unito mediante un collegamento/passaggio (coperto), che consenta di condividere il servizio mensa già presente.

Il nido, secondo le linee guida dell'Amministrazione, deve corrispondere a criteri di massima flessibilità nella distribuzione degli ambienti interni, avere caratteristiche di sostenibilità economica e applicare le soluzioni tecniche ed impiantistiche più avanzate in tema di contenimento dei consumi energetici.

Il dimensionamento e l'organizzazione degli spazi interni ed esterni della struttura deve fare riferimento alla Legge Regionale 646 del 20.01.2005, "requisiti strutturali ed organizzativi dei servizi educativi per la prima infanzia"; oltre alle sezioni sopra citate dovranno essere previsti i relativi servizi igienici annessi, spazio e bagni insegnanti, spazio atelier, ecc.

Il progetto deve interpretare al meglio lo scambio tra lo spazio interno e quello esterno per favorire il rapporto dei bambini con la natura e valorizzare la posizione panoramica di pregio di cui gode il sito e la vista sul futuro parco urbano che verrà realizzato al di sotto di via Allende.

Per quanto riguarda l'ampliamento della scuola dell'infanzia, l'indagine preliminare non può prescindere dallo studio della normativa vigente, il D.M. del 18.12.1975 "norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica, da osservarsi nella esecuzione di opere di edilizia scolastica".

Per una struttura destinata a 4 sezioni, come nell'oggetto dell'intervento, il decreto prevede una superficie coperta minima di 850 m<sup>2</sup>, riservati ad attività ordinate, pratiche, speciali e locali annessi per insegnanti, personale, etc.

La scuola dell'infanzia esistente, oltre ad ospitare quattro sezioni di materna per un totale di 108 bambini, comprende anche una sezione di asilo nido con 21 bambini.

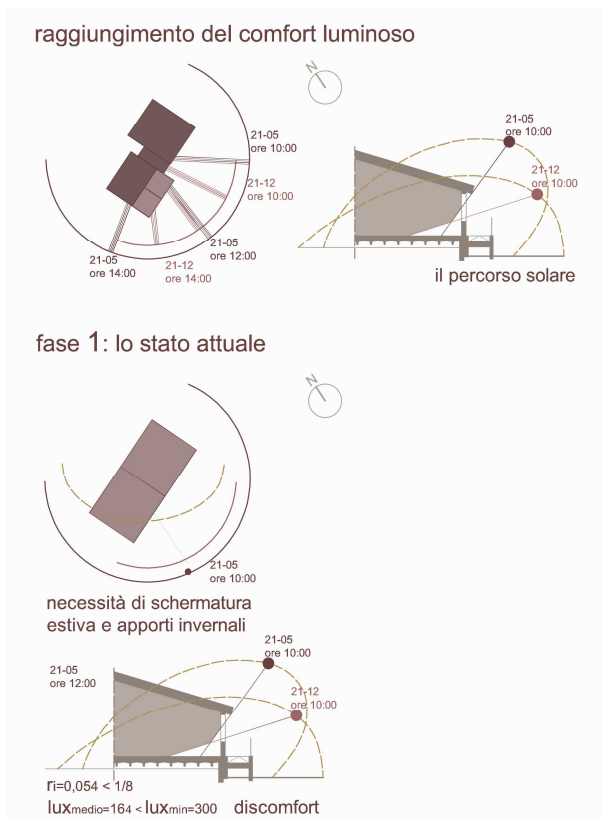
La superficie coperta totale è di 1250 m<sup>2</sup>, quindi soddisfacente le richieste minime, ma la compresenza di materna e nido fa sì che vengano a mancare alcuni ambienti di primaria importanza per i piccoli utenti, quali lo spazio adibito a mensa, aule per attività speciali e sufficiente spazio per il dormitorio.

La realizzazione dell'asilo nido determina quindi lo spostamento della sezione dei più piccoli nella nuova struttura, riservando alle aule della materna tutta la superficie presente.

In questo modo la richiesta dell'Amministrazione relativa all'ampliamento della scuola esistente non è più necessaria e si limita ad una riorganizzazione funzionale e distributiva.

Quest'ultima ha l'obiettivo di dotare la scuola di tutti quelli spazi assenti o sottodimensionati, nonché quello di ottimizzare la funzionalità di quelli già presenti.

L'attenzione è rivolta principalmente all'orientamento delle sezioni: delle quattro destinate a materna una è orientata a sud-ovest, una a nord-ovest e due a sud-est, rivelando un una mancata attenzione al tema. Considerando gli orari di permanenza all'interno della scuola, è fondamentale prevedere sezioni che possano godere della maggior quantità di illuminazione naturale, soprattutto durante la mattinata e il primo pomeriggio.



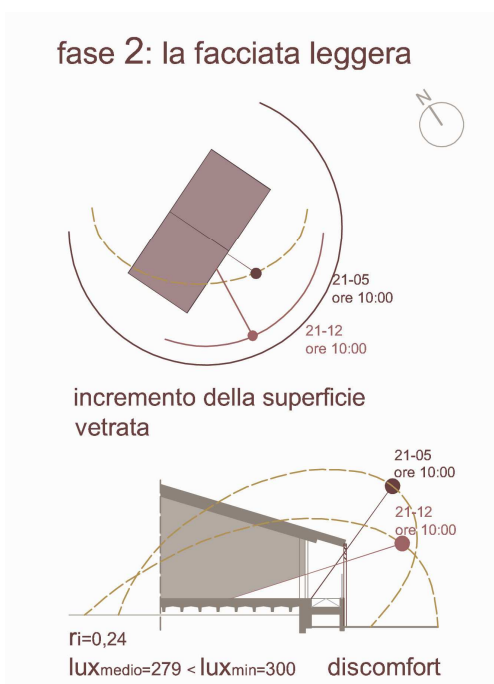
Analisi del comfort luminoso nello stato di fatto

A questo proposito si è deciso di collocare tutte le aule sul fronte principale sud-est e intervenire sulle aperture di quest'ultimo.

La struttura portante dell'edificio, per quanto riguarda le pareti verticali e la copertura, è in pannelli di cemento armato prefabbricati con uno strato interno di materiale coibente. Ciò ne determina un ridotto grado di modificabilità: gli interventi previsti sono stati pertanto limitati ai fronti sud-est e sud-ovest, ritenuti più importanti ai fini di una riqualificazione anche formale dell'edificio.

Il fronte principale, sul quale si colloca anche l'ingresso alla scuola, si apre sull'area gioco e sul panorama della valle antistante dove è prevista, dalla pubblica Amministrazione, la realizzazione di un parco urbano. La possibilità di godere di un traguardo visivo così importante è uno degli elementi alla base della volontà di "aprire" questo fronte con ampie vetrate potenziando il rapporto interno-esterno. La sostituzione dei pannelli prefabbricati con elementi di sostegno in acciaio ha consentito l'inserimento di un'ampia *facciata leggera in vetro* che determina l'ingresso di una notevole quantità di luce solare.

L'esposizione a sud-est nel periodo invernale permette di avere apporti positivi sia in termini di luce che di calore all'interno delle sezioni, mentre nei mesi più caldi concorre al rischio di surriscaldamento dell'ambiente interno. Attraverso l'utilizzo di un software è stato studiato il corretto posizionamento di elementi *frangisole orientabili*, al fine di non pregiudicare l'ingresso della luce e impedire l'eccessivo accumulo di calore.



Analisi del comfort luminoso nella prima fase dello stato di progetto

Nonostante l'orientamento delle sezioni a sud-est consenta un'ottima illuminazione nelle prime ore della giornata, si è ritenuto necessario verificare, sempre attraverso l'utilizzo di un software di analisi, la necessità di introdurre una nuova fonte di illuminazione in grado di apportare luce naturale anche nelle ore pomeridiane. Pertanto sono stati inseriti dei *tunnel solari* in copertura che consentono l'ingresso della luce diffusa.



Analisi del comfort luminoso nella seconda fase dello stato di progetto

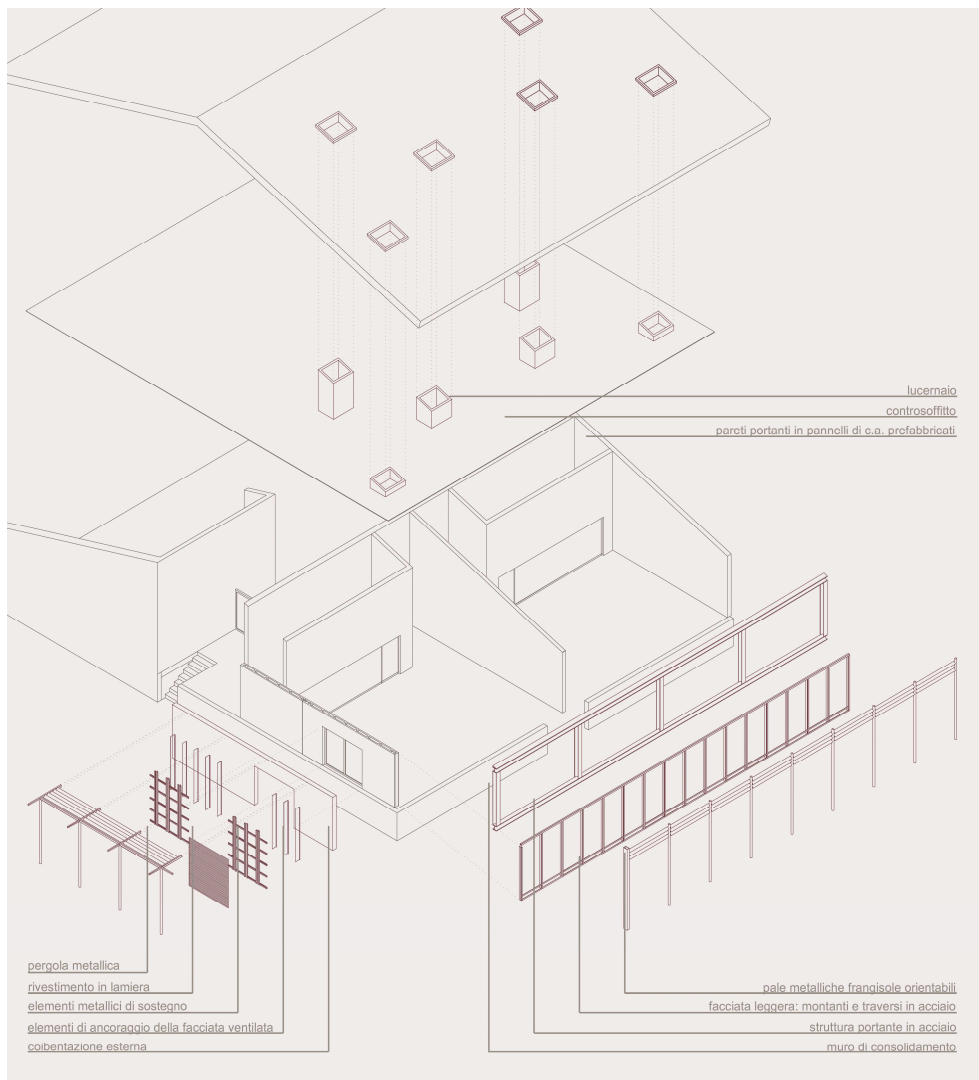


Il fronte est: la facciata leggera e la schermatura

Nell'ottica di migliorare le condizioni di benessere interno degli utenti e allo stesso tempo dotare la struttura esistente di adeguati spazi gioco, senza tuttavia aggravarne le condizioni strutturali, si è scelto di intervenire anche sul fronte sud-ovest. Attualmente questo caratterizza l'esposizione di due aule e consente un'uscita secondaria verso l'esterno. Nonostante la nuova collocazione delle aule privilegi l'affaccio sud-est, risulta

necessaria una schermatura del fronte sud, il quale, specie nel periodo estivo, è soggetto ad un'eccessiva esposizione solare.

Al fine di garantire inoltre una continuità visiva tra i due fronti adiacenti, si è deciso di introdurre, attraverso una struttura autonoma e totalmente indipendente dall'esistente, una pergola metallica. Quest'ultima, attraverso pale frangisole fisse, garantisce la schermatura estiva e i necessari apporti invernali, e costituisce inoltre un piacevole "passaggio coperto", in cui rampicanti arricchiscono il disegno del verde presente.



Un'indagine conoscitiva sulle esigenze e le richieste degli insegnanti mostra l'importanza di integrare lo spazio per le attività igieniche dei bambini all'interno della sezione e come questo possa essere in comunicazione visiva con il resto dell'ambiente. Allo stato attuale i servizi igienici sono allocati esternamente all'ambiente dell'aula e servono contemporaneamente due sezioni; perciò, al fine di favorire il controllo e la

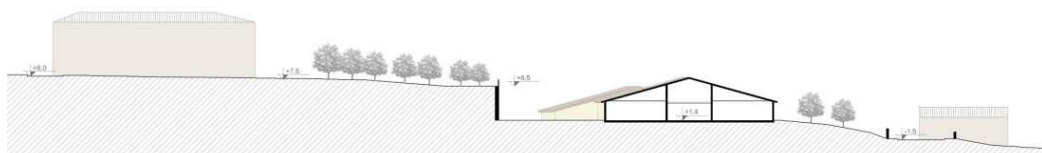
vigilanza sui bambini e una migliore fruizione, si è deciso di dotare ogni sezione di un locale igienico.

Un ruolo importante nella formazione del bambino e nella sua permanenza nella scuola è attribuito all'ambiente esterno. Al gioco all'aperto vengono dedicate principalmente alcune ore della mattinata ed esso è elemento integrante delle attività svolte all'interno della sezione. E' importante, quindi, che lo spazio ad esso destinato sia organizzato in maniera tale da fornire continuamente stimoli al bambino.

La particolare orografia del terreno su cui è realizzata la scuola dell'infanzia comporta la presenza di spazi verdi con forti dislivelli, limitando notevolmente l'utilizzo da parte dei bambini. Per ottenere una superficie maggiormente fruibile e più sicura per i piccoli utenti si è intervenuto mediante un sistema di terrazzamenti che permettono di ricavare un'ampia zona pianeggiante. Essa è stata poi organizzata per aree tematiche rivolte in particolar modo all'educazione ambientale, allo sviluppo della creatività-socializzazione, allo stimolo di avventura mediante l'introduzione di piccole collinette, di uno spazio adibito ad orto, di sedute e tavoli in zone più raccolte e ombreggiate.

Al fine di ottenere spazi gioco maggiormente illuminati e sfruttati, si è scelto di intervenire sulle dimensioni e il trattamento superficiale dell'elevato muro di contenimento. Quest'ultimo delimita l'area di intervento nella parte ovest, separando le aree di pertinenza delle due scuole con un'altezza di circa 6 metri.

Questo comporta un forte impatto visivo per il bambino e un forte ombreggiamento degli spazi, interni ed esterni, per gran parte della giornata. L'intento è quindi quello di ridurre tale impatto attraverso un sistema di discesa di percorsi che costeggiano il muro, riducendone l'altezza e utilizzando una finitura superficiale in pietra con un trattamento differenziato ad altezza bambino.



Il percorso di discesa – stato di progetto



Il percorso di discesa – soluzione progettuale

L'accessibilità all'area di pertinenza della scuola avviene mediante tre ingressi, due pedonali sul fronte di via Allende e uno carrabile sul retro, raggiungibile tramite una strada che collega la via principale ai fronti nord-ovest delle residenze limitrofe.

Nell'ipotesi di progetto quest'ultimo ingresso viene conservato per garantire l'accesso ai locali tecnici e il servizio di carico-scarico della cucina. I due ingressi pedonali sono stati invece decentrati al fine di garantire maggior sicurezza e protezione da via Allende. In particolare è consentito l'accesso da entrambi i lati di provenienza; giungendo da sud, si arriva ad un ingresso secondario che introduce allo spazio di gioco e consente ugualmente di raggiungere le sezioni. A nord, giungendo dal percorso di discesa che fiancheggia il fronte della scuola, si limita la prossimità alla strada attraverso una piccola area di sosta che consente un accesso sicuro e protetto.

Questo permette di raggiungere la quota di ingresso attuale dell'edificio mediante l'inserimento di una rampa a sostituzione della scala esistente, consentendo un'accessibilità maggiore anche ai disabili.

Ad oggi la problematica compresenza e vicinanza di mezzi carrabili e pedoni non favorisce l'accompagnamento dei bambini in totale sicurezza. Considerando anche l'insufficienza del numero di posti auto, si è deciso di spostare il parcheggio al di sotto di via Allende, sfruttando il dislivello attuale del terreno e inserendo barriere verdi per una maggiore mitigazione.



*Due scenari di progetto*

Le richieste dell'Amministrazione di Bertinoro sono rivolte alla riqualificazione e all'ampliamento della scuola materna esistente e alla realizzazione di un asilo nido.

Per quanto riguarda gli interventi di riqualificazione funzionale ed energetica sulla scuola dell'infanzia, essi sono il frutto di un'indagine e un'elaborazione comune ad entrambe le laureande e si concludono con un'unica proposta progettuale.

Lo studio per la realizzazione del nuovo asilo nido è stato invece condotto separatamente e ha comportato due scenari di progetto.

Spingendoci oltre le richieste del Comune si è ipotizzata, come proposta aggiuntiva futura, la demolizione dell'edificio esistente e la realizzazione di una nuova scuola dell'infanzia.

Gli scenari di progetto per il nuovo edificio sono quindi due, ciascuno dei quali segue la logica progettuale, formale e tecnologica dell'asilo nido a cui si va ad affiancare.

Gli interventi sono pensati per poter essere realizzati in fasi e modalità diverse nel corso del tempo, lasciando all'Amministrazione la completa libertà di gestione e margine decisionale dei piani attuativi.

Essa può optare per la sola realizzazione dell'asilo nido, nel lotto riservato a sud, per la riqualificazione della struttura esistente o per la realizzazione di una nuova scuola materna, sulla stessa area di sedime, senza che le operazioni interferiscano tra loro o si precludano a vicenda.



## 4. IL PROGETTO

### 4.1 Itinerari urbani: a scuola a piedi

Bertinoro costituisce con il suo borgo di origine medievale un centro di valenza culturale e turistica. Da non sottovalutare è il ruolo dominante del paesaggio naturale che, grazie alla collocazione orografica del paese, lo circonda e abbraccia; una visita a Bertinoro consente di godere di queste bellezze e scoprirne le diverse attrattive. Le vie e i sentieri che si snodano entro le mura fino alla Rocca, percorribili principalmente a piedi, costituiscono elementi di pregio per la città che meritano di essere valorizzati appieno.

Questa premessa costituisce il punto di partenza di questa tesi, dove risulta evidente il tentativo di stimolare un approccio all'architettura sensibile a criteri di sostenibilità.

In tal senso si orientano la riqualificazione della struttura esistente e la progettazione dei nuovi istituti. L'intento è quello di incentivare genitori e bambini a raggiungere a piedi la scuola, attraverso percorsi pedonali accessibili anche a persone disabili e che sottolineano l'importanza del traguardo visivo che caratterizza l'area.

#### 4.2 Lo sviluppo del progetto: ipotesi A

Il programma dell'Amministrazione Comunale di Bertinoro, che il progetto ha inizialmente assunto come obiettivo, prevede l'ampliamento della scuola materna presente in via Allende e la realizzazione di un asilo nido adiacente.

In seguito ad una prima fase di intervento di riqualificazione energetico-funzionale sull'edificio esistente, si è deciso di proporre, in alternativa, la realizzazione di una nuova scuola per l'infanzia in sostituzione di quella già presente. L'obiettivo era quello di fornire all'Amministrazione diverse soluzioni e strategie di intervento da attuare in base alle esigenze pubbliche, nonché alle disponibilità finanziarie.

Le nuove strutture adibite ad asilo nido e a scuola materna devono poter soddisfare requisiti di carattere funzionale, al fine di rispondere pienamente alle prescrizioni della normativa sull'edilizia scolastica, e al tempo stesso essere edifici tecnologicamente efficienti dal punto di vista del confort interno e delle prestazioni energetiche.

Il progetto è quindi l'esito conclusivo di una serie di indagini, studi e approfondimenti che mi hanno permesso di realizzare due nuovi edifici che rispettano principi di sostenibilità ambientale e dotazioni funzionali. Ciò è stato ottenuto attraverso relazioni interdisciplinari in tutte le fasi della progettazione, da quella di analisi a quella conclusiva, facendo interagire gli aspetti architettonici e compositivi con quelli più tecnologici ed impiantistici. La realizzazione di un edificio eco efficiente è possibile, infatti, solo attraverso uno studio combinato di diversi fattori che comprendono questioni legate non solo alla scala dell'edificio, ma anche a quella urbana facendo riferimento principalmente all'inserimento nel contesto e nell'ambiente circostante.

La finalità che mi ha indirizzato in questo progetto è la volontà di costruire spazi in cui i bambini, destinatari e protagonisti centrali, possano vivere e crescere in condizioni ottimali, fornendo loro i giusti strumenti per continui stimoli formativi. Nell'asilo nido prima, nella scuola materna poi, il bambino trascorrerà in questi luoghi anni importanti della propria vita ed è importante che possa ritrovarsi in un ambiente ospitale, piacevole e in cui sappia sempre riconoscersi e orientarsi. Il progetto è dunque il frutto di un dialogo tra architettura, tecnologia e pedagogia che ha portato alla realizzazione di due edifici tecnologicamente efficienti (certificazione energetica: classe A) di supporto ai processi cognitivi e ai percorsi di crescita dei bambini dai 0 ai 6 anni.

### *Tracciati e gerarchie urbane*

L'area destinata dall'Amministrazione Comunale ad ospitare il nuovo asilo nido si trova a sud dell'area in cui attualmente è collocata la scuola materna "Coccinella", ed è un lotto di forma triangolare caratterizzato da un notevole dislivello, sia in senso longitudinale che trasversale, attualmente con funzione di parco pubblico. Ad est è delimitato da via Allende, strada di notevole intensità carrabile, mentre ad ovest si trova una strada chiusa ad uso pressoché esclusivo delle residenze limitrofe, non essendo tuttavia una strada privata. Poco più a sud è posizionato un ampio parcheggio e una scala di collegamento tra questo e via Saffi, viale alberato che costituisce l'ingresso al paese. L'area di pertinenza dell'attuale scuola materna è caratterizzata sul fronte ovest da un importante muro di contenimento che la separa, anche a livello altimetrico, dalla scuola elementare comunale.



Area di intervento

La nuova scuola materna, in sostituzione di quella esistente, è prevista nella medesima area di sedime di quest'ultima, posizione che consente un collegamento maggiore con l'asilo nido, nonché un'apertura ad est sul panorama a valle dove, su progetto della Pubblica Amministrazione verrà realizzato un parco urbano.

La prima fase di progettazione volumetrica dei due edifici è stata guidata dall'individuazione di assi, tracciati guida e linee di prevalenza che mi hanno permesso di determinare le geometrie del progetto. Partendo dalle preesistenze e dalle peculiarità del luogo, nonché da principi di progettazione bioclimatica, come ad esempio la ricerca

dell'orientamento ottimale, ho ottenuto una sovrapposizione di trame che costituiscono la traccia del nuovo costruito, nonché degli spazi aperti.

In particolar modo ho ripreso la traccia del muro di contenimento esistente e l'ho estesa fino a determinare una curva che abbraccia, racchiude e approssima il limite ovest dell'intera area studio mantenendo il ruolo di sistema di contenimento. Alle radiali da questa generate e all'asse obliquo, anch'esso erede del muro preesistente, ho sovrapposto una trama individuata dalla ricerca dell'orientamento ottimale.



Tracciati e gerarchie

La forma del lotto suggerirebbe uno sviluppo planimetrico sull'asse nord-sud, ma i principi di un'architettura efficiente suggeriscono di cercare un orientamento tale da consentire il maggior numero di apporti solari all'interno dell'edificio nel periodo invernale. A questo proposito ho adottato la soluzione dell'edificio "a pettine": esso mi consente uno sviluppo del corpo longitudinale parallelamente alla curva scelta come linea di prevalenza e un'estensione dei bracci esposti a sud.

Dalla fase di analisi è risultato evidente come la natura e il paesaggio abbiano un ruolo predominante nell'immagine di Bertinoro e come questi debbano mantenere una notevole rilevanza come traguardo visivo che accompagna il visitatore.

L'apertura verso il paesaggio non poteva dunque essere preclusa tra gli elementi determinanti la soluzione planimetrica; l'adozione di questa particolare forma permette di conservare e inalterare la presenza del verde e del panorama, che racchiude sia la cima di montemaggio che l'orizzonte sulla valle e le altre frazioni del comune.

Questa conformazione planimetrica permette, quindi, alla natura di addentrarsi tra i corpi del fabbricato generando gli spazi all'aperto delle sezioni delle due scuole collocate nei bracci ed esposte a sud.



Traguardo visivo



In continuità con le strategie progettuali adottate nella fase di rigenerazione urbana e di riqualificazione della scuola materna esistente, ho deciso di riproporre una rete di percorsi che ricongiungono l'area del mio intervento sia con la parte più alta e storica della città, sia con il parco a valle. Questa serie di percorsi, di tipo esclusivamente pedonale, va a completare un sistema che invece unisce il lotto nella sua interezza da nord a sud e ne consente una percorrenza protetta e sicura dal traffico carrabile.



La volontà è quella di ampliare il sistema di percorsi, individuati nella fase di analisi, che si snodano tra le vie del borgo storico giungendo fino a via Saffi, con ulteriori

collegamenti accessibili anche a persone disabili permettendo a chiunque di spostarsi all'interno della città senza l'utilizzo di auto. In particolar modo, pensando ai destinatari di questo progetto, genitori e bambini, volevo offrir loro la possibilità di andare "a scuola a piedi". Questa iniziativa nasce con diverse scopi rivolti principalmente alla salubrità dell'ambiente e alla formazione educativa del bambino. La possibilità di spostarsi a piedi comporta una riduzione dell'uso dell'auto e quindi un minore inquinamento atmosferico in un paese dove i cenni storici e il paesaggio naturale dominano incontrastati. La forte presenza dell'elemento "verde" invita ad una riflessione maggiore e suggerisce proposte e strategie per valorizzare questa componente come un costante traguardo visivo. A questo proposito il sistema dei percorsi diventa uno strumento per consentire una costante ammirazione del paesaggio, sia che si tratti della vista della Rocca, sia che si tratti della vallata e dell'orizzonte urbanizzato. Tutto ciò trova spazio anche in uno scenario educativo per il bambino; accompagnato da un genitore, per arrivare alla propria scuola, egli può costantemente restare a contatto con la natura che con le sue mutazioni e variazioni nel corso delle stagioni potrà offrire stimoli costanti per la crescita e la fantasia. Ogni percorso è pensato, infatti, costeggiato da elementi naturali, siano essi alberi ad alto fusto, cespugli e fioriere o un semplice manto erboso, riportando di volta in volta il paesaggio ad una scala diversa alla vista del bambino. Per poter ammirare appieno le bellezze panoramiche ho introdotto negli snodi e in altri punti significativi luoghi di sosta che diventano vere e proprie terrazze panoramiche, a ripresa di quelle già presenti nel borgo storico, permettendo in questo modo di avere un traguardo visivo dai diversi livelli altimetrici della città.

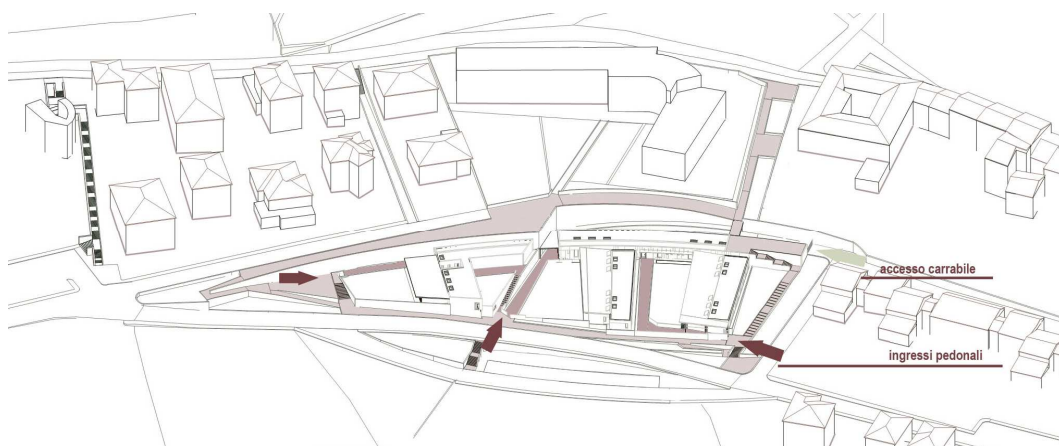
Le rampe e le scalinate, che costituiscono queste vie pedonali, generano in prossimità dei nuovi edifici piccole piazze che segnano il passaggio dalla dimensione pubblica, accessibile a tutti, a quella privata, riservata ai fruitori delle due scuole. Su queste piccole piazze si affacciano, infatti, gli ingressi pedonali agli istituti, mentre quello carrabile è separato e lontano dall'eventuale presenza dei bambini. In particolar modo ho dotato la scuola materna di due accessi pedonali, entrambi sul fronte di via Allende: l'ingresso principale è collocato a nord del lotto di pertinenza ed è immediatamente raggiungibile anche dal parcheggio di nuova realizzazione. Quest'ultimo nasce come strategia di intervento nella fase di riqualificazione della materna esistente, per la quale era necessaria una dotazione maggiore dei posti auto rispetto a quelli già presenti. Si è



pensato, dunque, di realizzare un' area sosta a valle di via Allende; sfruttando e modificando in parte l'attuale andamento del terreno è stato ideato un parcheggio che resta ad una quota inferiore rispetto alla strada principale. Questo deriva dalla volontà di ridurre o addirittura annullarne l'impatto visivo per non intaccare la vista panoramica. Anche per questa ragione il parcheggio è stato pensato come un prato carrabile, realizzato con blocchi drenanti che non impediscono la crescita del manto erboso e non ostacolano il defluire delle acque, cercando di mantenere le condizioni attuali il più inalterate possibili.

Un secondo ingresso pedonale è collocato a sud del lotto e conduce alla mensa della scuola materna; esso è riconoscibile dalla presenza di una piazzetta che introduce anche all'accesso secondario, sempre pedonale, dell'asilo nido. L'entrata principale di quest'ultimo è raggiungibile principalmente da un sistema di rampe che collegano la quota della strada perimetrale a ovest con il lotto. Il posizionamento in questa porzione dell'area deriva dalla decisione di sfruttare il parcheggio esistente a sud consentendo di raggiungere la scuola in maniera protetta e lontano dal traffico veloce.

Ulteriori sistemi di collegamento, rampe e scale, consentono di raggiungere entrambe gli edifici colmando i dislivelli tra percorsi-aree scuola, parcheggio-percorsi. Per la scuola materna ho previsto un ulteriore accesso a nord di tipo carrabile, sfruttando la presenza di una strada esistente che collega trasversalmente via Allende al retro delle abitazioni limitrofe e che anche attualmente costituisce l'ingresso carrabile alla materna esistente. Esso conduce al retro della scuola e permette lo svolgimento delle operazioni di servizio: carico-scarico per la cucina, manutenzione impianti, sosta mezzi di soccorso.



Accessi pedonali e carrabili

### *Dotazioni funzionali e organizzazione distributiva*

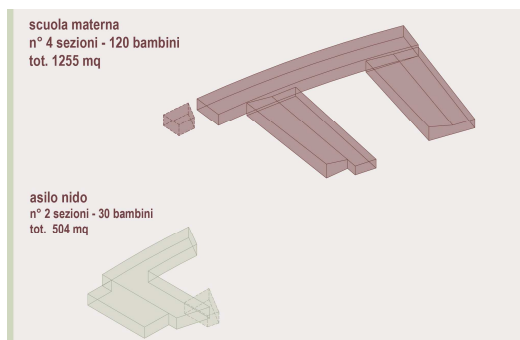
L'area oggetto di intervento destinata alla realizzazione dei nuovi edifici è caratterizzata da un notevole dislivello, in particolar modo presente nel lotto riservato all'asilo nido.

Le normative riguardanti la costruzione di scuole materne e asili nidi suggeriscono che gli spazi riservati ai bambini si trovino tutti sullo stesso livello, preferibilmente a piano terra per consentire il contatto diretto con l'esterno; il rispetto della normativa mi ha quindi spinto alla progettazione di edifici monopiano.

Ciò ha comportato la necessità di terrazzare l'andamento del terreno consentendo di ottenere anche gli spazi all'aperto di pertinenza alle scuole pianeggianti.

Gli spazi interni della scuola materna, in parte per non alterare eccessivamente il dislivello del lotto, sono posizionati a due quote differenti: il corpo longitudinale a quota +0.00, i bracci a quota -0.50. Questo salto di quota è colmato da rampe, con pendenza 5%, conforme alla normativa, che non costituiscono elementi di pericolo per il bambino.

L'asilo nido, invece è posizionato a quota +3.40, ad un livello intermedio tra il percorso pedonale a ovest e quello a est parallelo a via Allende.



Le due scuole

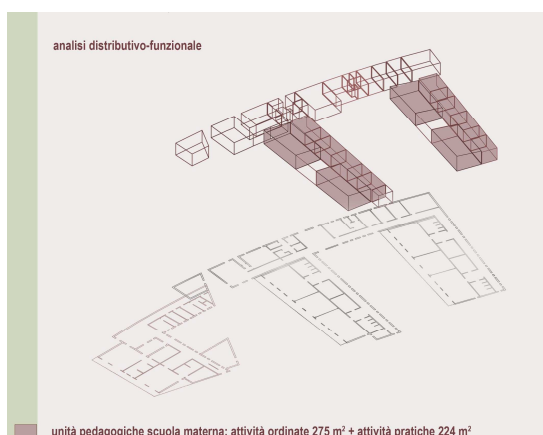
Per il dimensionamento della scuola materna ho fatto riferimento al D.M. del 18 dicembre 1975, norme tecniche relative all'edilizia scolastica; in essa vengono indicati gli ambienti necessari e le dimensioni minime di ciascuno di essi in riferimento al numero di alunni presenti. In questo caso l'edificio è destinato ad ospitare 4 sezioni da 30 posti, per un totale di 120 alunni. La normativa prevede che l'unità pedagogica, ossia il nucleo che racchiude le funzioni a servizio del bambino, sia composto da: attività ordinate (speciali e a tavolino) e attività pratiche. Queste ultime comprendono le operazioni di pulizia e servizio igienico e l'attività del riposo, per la quale, però, la normativa non indica un dimensionamento preciso.

Spazi attività ordinate:  $2,15 \text{ m}^2/\text{alunno} \rightarrow$  totale per sezione:  $65 \text{ m}^2$   
minimo da progetto:  $72 \text{ m}^2$   
Spazi attività pratiche:  $1,17 \text{ m}^2/\text{alunno} \rightarrow$  totale per sezione:  $35 \text{ m}^2$   
minimo da progetto:  $35 \text{ m}^2$

Nella normativa sono citate anche le attività libere che rappresentano quegli ambienti in cui a piccoli gruppi i bambini di una sezione possono relazionarsi con quelli di un'altra sezione, per questo motivo gli spazi in questione possono non essere collocati all'interno di una singola unità pedagogica, ma far riferimento a più sezioni, al massimo due.

Spazi attività libere:  $0,9 \text{ m}^2/\text{alunno} \rightarrow$  totale per 2 sezioni:  $54 \text{ m}^2$   
minimo da progetto:  $55 \text{ m}^2$

Le unità pedagogiche si distribuiscono all'interno dell'edificio nei bracci esposti a sud-ovest così da fornire a tutte le sezioni le medesime condizioni di soleggiamento. Esse sono raggiungibili da corridoi illuminati sul fronte nord ed est con aperture ad altezza di bambino, che permettono di mantenere un continuo rapporto con l'ambiente esterno. Essi sono posizionati sul lato nord dei bracci ad occupare il fronte più freddo dell'edificio consentendo, quindi, il dislocamento delle aule a sud poiché esse necessitano di un quantitativo di apporti luminosi e termici maggiori per il confort interno.



L'ingresso vero e proprio all'edificio è posto sul fronte est del corpo longitudinale ed in posizione baricentrica; esso è riconoscibile esternamente da una pensilina che lo protegge dagli agenti atmosferici. La soluzione della pensilina è riproposta anche a

protezione dell'ingresso/uscita nella mensa e nell'accesso principale all'area. In quest'ultimo caso, per rendere ulteriormente riconoscibile ed evidente l'accesso dal percorso pubblico, ho potenziato il sistema "pensilina" rendendola una sorta di prosecuzione, almeno a livello di materiale, con la copertura del volume adiacente, facendo in modo che potesse risultare una proiezione all'aperto del costruito. Per rafforzare questo aspetto ho delimitato la pensilina con una rete metallica sul fronte est, appoggiata su un muro alto circa 2m, che dall'esterno lascia intravedere il volume del braccio retrostante, ma impedisce l'introspezione. Si viene così a formare un sistema di tre pensiline, sorrette da un sistema a travi e pilastri in acciaio, che invita ai rispettivi ingressi e ne marca la presenza, diventando di volta in volta elemento di protezione dalla pioggia o dal sole.

Appena entrato nella scuola il bambino trova davanti a sé un ampio atrio che funge da spazio accettazione ma anche da ambiente gioco prima di dirigersi verso le rispettive sezioni.

All'interno di ogni braccio l'organizzazione spaziale delle unità pedagogiche si articola in senso longitudinale: il corridoio distribuisce verso la fascia dei servizi delle sezioni, due per ogni corpo, comprendente l'ingresso/spogliatoio che separa i locali igienici dai dormitori, posizionati affiancati e in posizione centrale. Dallo spogliatoio il bambino può già avere la percezione dell'aula grazie all'inserimento di aperture che consentono un continuo rapporto visivo tra i diversi spazi, ad esempio tra aula e bagno e tra aula e dormitorio. In questi casi la necessità di avere una continuità visiva nasce principalmente dalle esigenze degli educatori di poter vigilare in maniera più immediata ed efficace l'intera sezione. La trasparenza, in questo caso realizzata sotto forma di semplici aperture è, infatti, uno dei requisiti essenziali all'interno di questo tipo di strutture insieme alla flessibilità degli spazi. Le due aule per attività ordinate disposte in ciascun braccio sono separate tra loro dall'aula per le attività libere che così come indicato da normativa può servire più di una sezione. A questa si accede esclusivamente dalle aule adiacenti; la presenza di pannelli richiudibili tra questi ambienti dà la possibilità alle insegnanti di ricreare all'occasione uno spazio totalmente fruibile e aperto per tutta la lunghezza del corpo.

I dormitori, non essendo previsto da normativa un indice dimensionale, sono stati pensati per ospitare circa la metà dei 30 bambini di ciascuna sezione, senza distinzione tra le sezioni dei più grandi (5-6 anni) e dei più piccoli (3-4 anni). Indicazioni

pedagogiche suggerirebbero di far sì che questi ambienti, vista la funzione che devono ospitare, possano essere totalmente oscurabili rispetto alla luce esterna e la posizione che essi occupano all'interno dell'edificio impedisce di avere un affaccio diretto con l'esterno. E' però consigliato evitare il buio totale all'interno di questi ambienti, perciò ho pensato alla realizzazione di piccole aperture alte affacciate sul corridoio che permettono l'ingresso di luce diffusa, ma all'evenienza possono essere oscurate da tende.

Per quanto riguarda i locali destinati all'igiene e alla pulizia personale del bambino, ho distinto gli arredi interni in base alla fascia di età della sezione: per i più piccoli è prevista ancora la presenza di uno spazio apposito con fasciatoio e lavello, mentre per i più grandi è possibile trasformare questi ambienti in piccoli atelier dove a gruppi i bambini possono dedicarsi ad attività manuali quali ad esempio la pittura.

Le altezze interne, in riferimento al DM del 18.12.75, sono studiate per generare variazioni volumetriche: nei bracci, la fascia del corridoio, dell'ingresso alle aule, dei bagni e dei dormitori è di 2,5 m, le aule, con soffitto inclinato, hanno un'altezza che va da un minimo di 2,7 m ad un massimo di 3,25 m, senza considerare il controsoffitto. I locali del corpo longitudinale hanno invece l'altezza costante di 3 m.

Tra questi troviamo, oltre all'atrio di ingresso, tutta una serie di locali destinati al corpo docenti, al personale in genere e altri servizi per i bambini; ad esempio sono distribuiti qui la lavanderia, l'ambulatorio, la sala insegnanti con relativo locale igienico e la biblioteca. La mensa e la cucina, con i relativi locali annessi, ossia dispensa, spogliatoi per il personale etc., si trovano all'estremità più a sud ed hanno accessibilità diretta dall'esterno: il personale può infatti entrare da un ingresso sul retro che consente di avere all'interno una separazione netta tra il flusso dei bambini e quello di servizio. L'ampia cucina, 35 m<sup>2</sup> è adiacente alla mensa di 50 m<sup>2</sup>, per facilitare le operazioni di distribuzione pasti. La mensa, dotata di un accesso diretto sull'esterno, è pensata per poter fungere, in orario extrascolastico, anche da sala riunione tra docenti e genitori, perciò è stato pensato come un ambiente separato dal resto della scuola, eventualmente indipendente e fruibile in maniera esclusiva.

Le aree gioco all'aperto, di vitale importanza per la crescita formativa del bambino, sono accessibili direttamente da ciascuna sezione; è necessario, infatti, creare una continuità tra spazio interno ed esterno per il fine pedagogico che esso assume. Lo spazio all'aperto, infatti, altro non è che una proiezione dell'aula, dove gli educatori

possono trovare le giuste condizioni per proseguire l'attività pedagogica praticata al coperto. Per questo motivo è necessario prevedere zone diverse che consentono lo svolgimento di diverse attività: in particolar modo la presenza di un deck immediatamente esterno all'aula e protetto dall'aggetto della copertura diventa uno spazio ombreggiato e più protetto, mentre il terreno con manto erboso, siepi e alberi ad alto fusto ricrea gli scenari naturali dell'intorno, quelli che il bambino osserva lungo i percorsi pedonali.

Un elemento di notevole importanza nella realizzazione di una scuola per l'infanzia è la progettazione dell'arredo interno. Esso, sia esso fisso o mobile, rappresenta uno strumento pedagogico nelle mani del bambino: in particolar modo l'arredo fisso deve essere studiato per aiutare il bambino a ricreare un ambiente il più possibile familiare e protetto. Nicchie o luoghi raccolti suggeriscono nel bimbo l'idea di trovarsi in un luogo sicuro e su misura. A questo proposito, sia negli spogliatoi che nelle aule stesse ho posizionato delle "scatole" sospese, a circa 30 cm dal pavimento, colorate, dove filtra la luce, che diventano piccole nicchie con cuscini per sedute, mensole porta oggetti o piani di appoggio e di gioco per il bambino, sfruttando il principio della flessibilità non solo per gli ambienti, ma anche per gli arredi.



Lo spogliatoio e l'ingresso all'aula





L'aula



Il fronte sud

L'organizzazione spaziale degli ambienti dell'asilo nido fa invece riferimento ad una normativa di tipo regionale; le tipologie costruttive sono, infatti, dettate da ciascuna regione di competenza. Secondo la regione Emilia Romagna, LR 646 del 20.01.2005, il criterio fondamentale nella realizzazione di questo tipo di strutture consiste nel proporre sezioni in cui siano presenti gli spazi essenziali per la vita del bambino: ambiente di soggiorno, zona riposo, zona dei servizi dimensionati in base al numero di posti previsti, in questo caso due sezioni di 14 e 16 bambini.

L'edificio destinato ad asilo nido si sviluppa secondo una forma a "L" dove il corpo longitudinale, orientato ad est, si adagia al muro di contenimento e costituisce una prosecuzione del corpo servizi della scuola materna. Anche nel caso dell'asilo nido questo corpo ospita infatti l'insieme dei locali destinati al personale, la cucina, la lavanderia, l'ambulatorio e l'ingresso all'edificio; quest'ultimo è costituito da un ampio atrio ( $47 \text{ m}^2$ ) che funge da spazio accettazione e deposito carrozzine.

Il braccio trasversale, orientato a sud, accoglie invece le due sezioni. L'ingresso avviene direttamente nell'ambiente soggiorno ( $50 \text{ m}^2$ ) così che il bambino possa trovarsi direttamente a contatto con l'ambiente dei giochi, vista non necessaria la presenza di un locale spogliatoio come avviene per la materna. La forma regolare di questi ambienti è pensata per facilitare l'organizzazione interna dei vari "angoli" orientati alla formazione del bambino: zona "tranquilla o morbida" con tappetoni, cuscini, delimitata da mobili bassi che danno un senso di protezione, "zona di attenzione" con tavolini e piccole sedute, nicchie.

Dal locale igienico, diviso in "zona pulizia" e zona vasini, con affaccio diretto sulla sezione per favorire la vigilanza dei bambini, si giunge allo spazio del dormitorio.

La normativa, a differenza delle scuole materne, indica precisamente uno standard dimensionale anche per quest'ultimo ( $1,75 \text{ m}^2/\text{bambino}$ ) suggerendo, però, la realizzazione di uno spazio che all'occasione possa essere adibito ad altre attività di tipo "tranquillo".

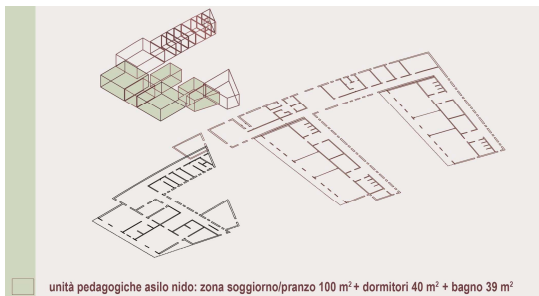
In questo progetto ho scelto, invece, di riservare una porzione della sezione esclusivamente a questo tipo di ambiente dotandolo di aperture verso l'esterno che ne consentano anche la ventilazione naturale, fattore importante in tutti gli ambienti, ma soprattutto in quelli destinati al riposo. Ogni sezione, oltre all'esposizione a sud, presenta un secondo affaccio che contribuisce a migliorare il confort luminoso



all'interno: la sezione da 14 gode di un affaccio a est verso la vallata, quella da 16 verso un patio interno affacciato sull'atrio di ingresso.

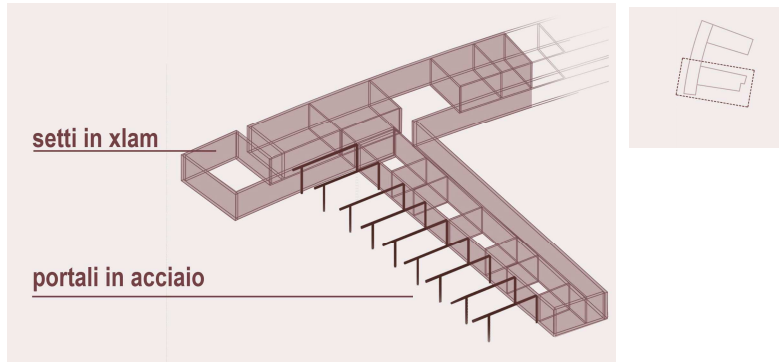
Questo patio, oltre fornire luce agli ambienti che lo circondano (ingresso, aula, dormitorio), rappresenta un piccolo giardino d'inverno ( $18 \text{ m}^2$ ) con pavimentazione in deck dove i bambini possono trovare un spazio all'aperto protetto anche nei mesi meno caldi.

Sia per la scuola materna, sia per l'asilo nido, così come suggerito dalla normativa, ho previsto dei locali adibiti a deposito giochi per l'aperto, non riscaldati e accessibili solo dal personale.



*Il sistema costruttivo: elementi prefabbricati e assemblaggio a secco*

La tipologia costruttiva è pensata simile per entrambe le scuole ed è costituita da sistemi a secco. La struttura portante è composta in parte da portali in acciaio, in parte in pannelli di legno di tipo x-lam.



Il doppio sistema costruttivo

La doppia soluzione costruttiva nasce in seguito a esigenze di tipo funzionale-distributivo; gli ambienti destinati ad aula necessitano di ampie luci per poter avere un ambiente sufficientemente grande e completamente fruibile, ma anche di ampie superfici vetrate che consentono l'ingresso di luce naturale e il guadagno di adeguati apporti termici nel periodo invernale.

Per questi motivi ho ritenuto che il sistema costruttivo più idoneo fosse quello a travi e pilastri in acciaio; esso mi consente di ottenere le luci necessarie e di poter avere grandi vetrate sul fronte sud con l'inserimento di una facciata leggera. Essa è costituita da montanti e traversi in acciaio che sorreggono parti vetrate, fisse o apribili, e parti opache di tamponamento.

La disposizione in pianta degli elementi portanti e dei montanti della facciata leggera segue una griglia di modulo 60x60 che mi consente di gestire tutto il sistema costruttivo, nonché il sistema delle aperture e del rivestimento su tutti i fronti.

Oltre alla libertà espressiva, l'utilizzo di una struttura portante in acciaio risponde anche ai criteri di sostenibilità costituendo una soluzione rispettosa dell'uomo e del suo ambiente. Sostenibilità ambientale significa, fra le altre cose, riciclabilità e durabilità e l'acciaio risponde perfettamente a questi principi dal momento che:

è un materiale riciclabile al cento per cento con possibilità di demolizione in modo rapido ed economico;

il ciclo di vita di un edificio in acciaio è notevolmente lungo se si considera la possibilità delle strutture metalliche di essere funzionali a modifiche di destinazioni d'uso senza imporre gravosi impatti ambientali.

Sono in acciaio sia i pilastri, scelti di forma circolare (diametro: 168 mm), sia le travi dell'orditura principale (HEM 220) che quelle dell'orditura secondaria (HEA 160) con interasse 1,2 m. Questo sistema costruttivo si estende anche all'esterno con la presenza di mensole che mi sorreggono la copertura a sbalzo; esse sono state unite alle travi principale interne con disgiuntori termici che impediscono la presenza di ponti termici.

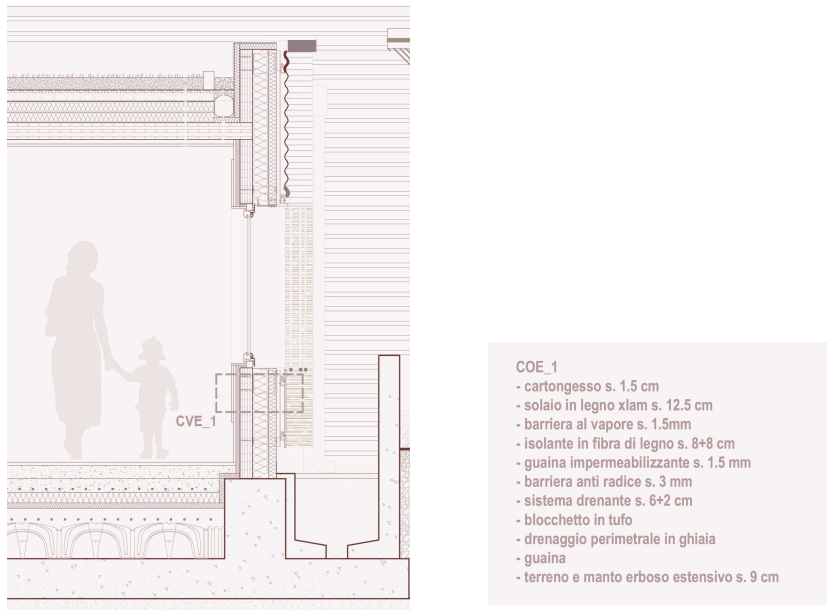
Le strutture in acciaio necessitano di adeguati sistemi di protezione antincendio che nel caso dei pilastri è risolto con un doppio strato di materiale protettivo, mentre per l'impalcato orizzontale questo compito è svolto da un adeguato sistema di controsoffitto e ponendo una coibentazione ai condotti degli impianti isolando una possibile formazione di incendio da questi.

Per tutto il resto dell'edificio ho deciso di adottare come sistema portante pannelli di legno di tipo xlam sia per le componenti verticali, sia per la copertura. Si viene così a costituire un sistema portante "a scatola" che consente una distribuzione uniforme dei carichi fino alle fondazioni a platea.

La tipologia xlam (pannelli di legno massiccio a strati incrociati) comporta numerosi vantaggi: essa unisce le caratteristiche delle costruzioni massicce con la salubrità e le proprietà ecologiche del legno nel rispetto dei principi della sostenibilità. L'origine naturale, la facilità e rapidità d'assemblaggio, nonché la sua elevata durabilità nel tempo e la possibilità di smetterlo come totalmente biodegradabile, rendono questo materiale uno dei migliori nella realizzazione di edifici ecosostenibili. Dal punto di vista statico, questi pannelli, con la rigidità contribuiscono, inoltre, a dotare l'edificio di un'elevata stabilità dimensionale.

Esternamente le pareti in xlam sono protette da un sistema di facciata ventilata; essa è costituita da una doppia orditura di profili in acciaio che permettono la formazione di un'intercapedine areata e sorreggono le componenti del rivestimento, lamiera ondulata e pannelli di gres. Questo tipo di soluzione è stato adottato sia per i fronti nord che per i fronti est; solitamente si utilizza la facciata ventilata nei fronti a sud per evitare il surriscaldamento di queste pareti che maggiormente subiscono le radiazioni solari nei mesi più caldi. Allo stesso tempo, però, può ridurre i valori di trasmittanza

dell'involucro esterno, col risultato di ottenere una riduzione dei consumi e un aumento dei livelli di confort. L'aria funge, infatti, da primo strato "isolante" in un'esposizione, quella a nord, che scarsamente subisce gli effetti positivi dei raggi solari. Inoltre la ventilazione della facciata può prevenire i ponti termici ed evitare il verificarsi di spiacevoli effetti di condensazione all'interno dell'intercapedine.



La facciata ventilata a nord

*Coperture energeticamente efficienti: tetti verdi e tetti ventilati*

Il duplice sistema strutturale, portali in acciaio – pannelli portanti xlam, viene esplicitata anche esternamente con una doppia soluzione per i manti di copertura. In corrispondenza delle aule, sorrette dalla struttura in acciaio, la copertura è ventilata con finitura superficiale in lastre di lamiera ondulata. L'aggetto sul fronte sud, che funge da schermatura solare alle aule nei mesi più caldi, cerca, con uno spessore ridotto, e con travi a sbalzo rastremate verso l'estremità, di dare un senso di leggerezza al volume, riflettendo anche all'esterno le leggerezze della struttura portante. Rispetto alle altre coperture, questa si presenta come una falda; l'inclinazione, oltre a migliorare gli effetti della ventilazione, riflette la linea di pendenza del muro di contenimento che delimita il lotto, che diventa, così, una linea di prevalenza non solo per l'organizzazione planimetrica degli edifici, ma anche per il loro sviluppo in alzato.

Le pareti verticali in xlam, invece, sorreggono una copertura a verde di tipo estensivo, soluzione decisamente riflette maggiormente la massività della struttura sottostante. La scelta di realizzare le coperture verdi deriva da un ragionamento più ampio; la riflessione sull'importanza del paesaggio, della natura nel contesto in cui si sviluppa il progetto invita alla ricerca di scelte costruttive che limitino l'impatto visivo del costruito.

In questo progetto la pianta delle coperture diventa un elemento fortemente caratterizzante poiché i percorsi di discesa la portano in primo piano allo sguardo del visitatore. Per impedire il traguardo visivo sul paesaggio entrambi gli edifici scolastici sono stati collocati ad una quota tale da non emergere rispetto alla quota dei percorsi; l'inserimento del verde in copertura rafforza la volontà di preservare il paesaggio ripristinando in sommità ciò che il costruito ha tolto a piano terra. Il verde diventa pertanto un materiale da costruzione di tipo dinamico che caratterizza l'edificio con il mutare dei colori e dell'immagine al variare delle stagioni. Il verde si fa così portavoce di una trasformazione sensoriale e psicologica tra uomo e ambiente e contribuisce in larga misura a garantire l'equilibrio biologico e psicologico dell'uomo insieme alla salvaguardia dell'ambiente.

Per fronteggiare la mancanza in alcuni ambienti di sufficiente illuminazione naturale, ho utilizzato lucernai in copertura per ottenere luce di tipo zenitale.

La copertura verde, piana, è caratterizzata dalla presenza di lucernai che illuminano gli spogliatoi d'ingresso all'aula e i bagni, la cucina ed altri locali di servizio; dalla

copertura in lamiera, a falda, sorgono, invece, degli abbaini orientati a nord. Questi ultimi, di tipo prefabbricato, costituiti da pannelli sandwich con isolante e lamiera e struttura metallica, sono collocati in numero 3 per ciascuna sezione e contribuiscono a raggiungere i livelli di confort luminoso ottimale. La lamiera ondulata, che costituisce il manto superficiale della copertura a falda “risvoltando” sulle pareti verticali ne diventa parte del rivestimento e si va ad alternare ai pannelli di gres con finitura rigata. L'utilizzo di questi due materiali in facciata deriva dalla volontà di stimolare la percezione tattile del bambino, sottolineata anche da un contrasto cromatico (grigio per la lamiera, avorio/beige per il gres) che evidenzia immediatamente il duplice rivestimento. La scelta del gres, inoltre, deriva dalla volontà di avvicinare le texture e le cromie dei due edifici di progetto ai materiali e ai colori dominanti a Bertinoro: la pietra e il grigio/beige.

#### 4.3 Lo sviluppo del progetto: ipotesi B

Il progetto nasce per rispondere alle esigenze espresse dall'Amministrazione Comunale, orientate a realizzare un ampliamento della scuola materna esistente e realizzando così un polo scolastico comprendente anche la scuola elementare collocata nelle immediate vicinanze. La strategia di intervento ha però previsto due scenari: in un primo momento la realizzazione di una struttura per la prima infanzia collocata nell'area di sedime a sud del lotto; successivamente la progettazione di una nuova scuola materna a sostituzione di quella esistente.

Il presente capitolo affronta quest'ultimo scenario ed ha quindi ad oggetto la progettazione di un nuovo plesso scolastico attento alle problematiche ambientali e rispondente a principi di sostenibilità. Esso è il frutto di un'indagine accurata dei diversi aspetti con cui il progetto andrà a confrontarsi e relazionarsi: da quelli architettonici e compositivi a quelli più tecnologici ed impiantistici.

Poiché l'involucro architettonico ha il compito di ottimizzare le interazioni tra ambiente interno ed esterno, rispondendo alle esigenze dei fruitori, è molto importante realizzare sistemi "dinamici" capaci di interagire con le condizioni atmosferiche esterne.

L'architettura sostenibile, oggetto di tesi, sottende infatti al concetto di una convivenza con i vari aspetti del contesto e di conseguenza la sua costruzione dovrebbe essere in grado di controllare le diverse interazioni, cercando di limitare tutte quelle che modificano il contesto ambientale in modo permanente.

Il risultato finale è una progettazione attenta a tutti quegli accorgimenti atti a garantire una completa sintonia tra l'ambiente costruito (luogo, edifici, materiali, impianti) e i suoi abitanti. Il contesto, con le proprie valenze, assume infatti un ruolo fondamentale e complesso, dove progettare edifici "salubri" non è sufficiente; l'obiettivo è quello di creare spazi di qualità, idonei allo svolgimento delle funzioni primarie, dove il rapporto con il contesto ambientale non risulta di contrasto ma di collaborazione e rispetto.

Le nuove strutture, adibite ad asilo nido e scuola materna, devono poter soddisfare requisiti di carattere funzionale, al fine di rispondere pienamente alle prescrizioni della normativa sull'edilizia scolastica, e al tempo stesso essere edifici tecnologicamente efficienti dal punto di vista del confort interno e delle prestazioni energetiche.

### *Tracciati e gerarchie urbane*

L'analisi della forma urbana e del suo sviluppo è un approccio fondamentale alla progettazione, in quanto analizza le relazioni complesse in cui il nuovo edificio andrà ad inserirsi. Tra gli elementi di analisi primaria si possono individuare l'orografia urbana, la rete viaria, carrabile e pedonale, con annesse le piazze, la densità del tessuto, le aree verdi. L'analisi del sito costituisce il punto di partenza per la definizione delle necessità e soluzioni progettuali da adottare; il progetto architettonico risulta quindi fortemente influenzato dal contesto, di cui è necessario avere ottima conoscenza.

La tipologia dell'edificio, l'orientamento, la forma, la dimensione concorrono a determinare un inserimento armonico e integrato, nell'ottica di un'architettura attenta alle problematiche ambientali.

L'area di Bertinoro oggetto di intervento si caratterizza per la presenza di un elevato muro di contenimento che ne cinge il perimetro e sin da subito comporta un confronto con la complessa orografia del luogo.

L'area di sedime adiacente a quella attualmente occupata dalla scuola materna e destinata ad ospitare il nuovo nido mostra infatti una forte differenza altimetrica, criticità ma anche opportunità dell'intervento.

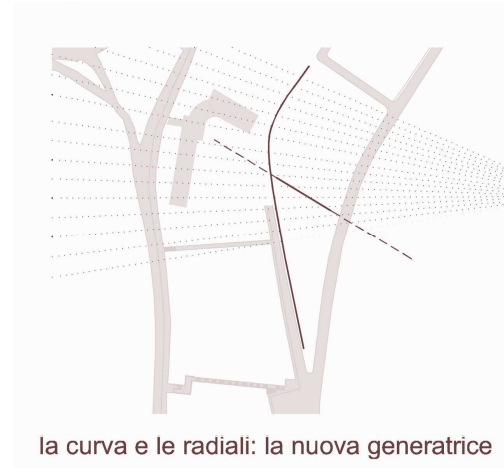
Il primo passo verso la progettazione ha quindi interessato l'analisi dei tracciati e delle gerarchie esistenti, analisi primaria per un inserimento integrato nel contesto.

Il muro di contenimento rappresenta una preesistenza molto forte, sia dal punto di vista formale che visivo: esso suggerisce una possibile traccia per l'ubicazione del nuovo edificio, il quale andrà a collocarsi in adiacenza ad esso, non negandone il rapporto ma confrontandosi con esso sin nelle prime fasi. Il possibile prolungamento di tale muro lungo l'asse nord-sud determina la nascita di una nuova generatrice, nata appunto dall'approssimazione della linea guida esistente. Essa si relaziona anche con un secondo asse, est-ovest, determinato dal muro esistente di separazione tra le due aree di sedime.

La nuova curva abbraccia ora l'intero lotto e genera una serie di radiali in cui il centro, posto a valle dell'area, convoglia il traguardo visivo verso il paesaggio a valle.

Si determina così un andamento curvilineo del corpo longitudinale, in cui da un sistema a pettine dipartono i bracci trasversali che andranno ad ospitare le sezioni.

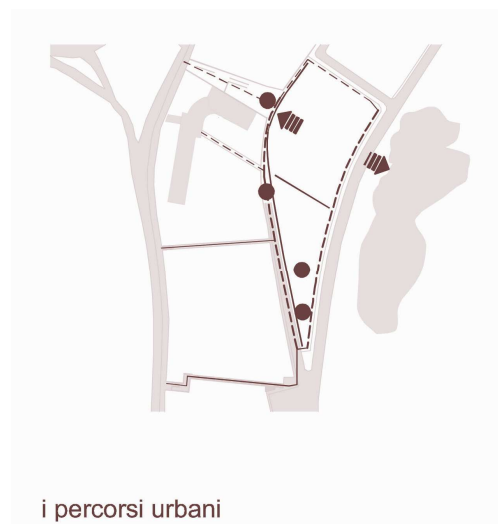
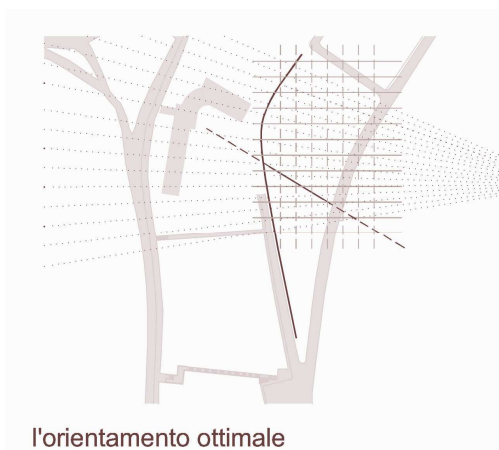




Questo nuovo tracciato persegue inoltre l'obiettivo del raggiungimento dell'orientamento ottimale degli ambienti interni; le nuove aule per la didattica sono infatti prevalentemente rivolte a sud. Il fine è quello di orientare l'edificio in modo da mitigare gli effetti delle variazioni naturali e la qualità microclimatica è il risultato di una combinazione tra orientamento, caratteristiche distributive e tipologia edilizia.

È obiettivo primario massimizzare l'effetto dell'impatto sole-aria nei periodi sotto riscaldati e minimizzarlo durante le stagioni surriscaldate. Per tale motivo è importante analizzare l'andamento del sole e calcolare le variazioni di quantità di energia solare incidente su una determinata superficie.

L'asse est-ovest garantisce i migliori risultati in termini di bilancio energetico, pertanto l'orientamento delle pareti verticali sul lato sud favorisce un guadagno termico diretto positivo in stagioni invernali e negativo nei periodi estivi, richiedendo un controllo del surriscaldamento.



Risulta complesso e spesso difficile definire una forma ideale; questa è generata da diversi fattori, variabili e tra loro interagenti, tra i quali l'ambiente e il clima. L'analisi approfondita delle condizioni del sito consente di ottimizzare il perimetro, il profilo (la sezione), l'attacco a terra e la copertura dell'involucro, in funzione del comfort ambientale e del risparmio energetico.

Al fine di integrare l'intervento nel contesto, non limitandosi a studiarne l'accessibilità quanto ponendo attenzione alla complessa rete in cui si inserisce, risulta di fondamentale importanza l'analisi della trama viaria.

In particolare, nel caso in esame, l'analisi della rete viaria pedonale costituisce una delle premesse alla progettazione del nuovo scenario. Quest'ultimo cerca infatti di inserirsi ed integrarsi appieno nel contesto esistente, attraverso il rafforzamento del sistema di percorsi pedonali esistenti.

La nuova scuola materna sostituisce quella esistente ma ne recupera e rafforza le relazioni urbane e visive con l'immediato intorno. L'accesso all'edificio assume un ruolo fondamentale e l'attenzione in questo senso è rivolta alla possibilità di coniugare a una buona fruibilità dell'area un'eccellente funzionamento della viabilità pedonale.

In tal senso l'attenta analisi delle trame esistenti consente di inserire il nuovo intervento all'interno di un sistema complesso.

La vicinanza della scuola elementare evidenzia una prima opportunità, ossia creare un nuovo polo scolastico e determinare possibili scambi formativi e didattici tra i diversi istituti, in modo da consentire una linearità nel percorso formativo del bambino.

Percorrendo a piedi via Saffi, collocata ad una quota altimetrica superiore rispetto all'area di intervento, si ha immediatamente una percezione positiva, in quanto la presenza di una vegetazione continua ed estesa rende piacevole il percorso e consente il traguardo visivo a valle. Tale percorso consente di raggiungere le mura, la Rocca e quindi la parte alta della città, ma anche i nuovi edifici, collocati in via Allende nella parte immediatamente sottostante.

La volontà progettuale è quella di rafforzare il sistema pedonale esistente che consente il collegamento tra via Saffi e via Allende, attualmente caratterizzato da scalinate e quindi inaccessibile ai disabili, attraverso un percorso di discesa in cui elementi di risalita si alternano a spazi di sosta.

In particolare, questi ultimi diventano delle vere e proprie terrazze panoramiche che valorizzano la bellezza del paesaggio a valle e arricchiscono la trama esistente.

I nuovi edifici sono così accessibili pedonalmente da entrambi i sensi di percorrenza di via Allende; su questa sono infatti collocati i tre ingressi pubblici alle scuole. Per quanto riguarda la scuola materna, uno spazio di sosta collocato in prossimità del percorso pedonale consente poi l'accesso all'edificio, mentre, proseguendo in direzione sud, un secondo ingresso consente di raggiungere la "piazza pavimentata" del nido. L'ingresso a quest'ultimo avviene sul lato sud dell'area di intervento ed è raggiungibile attraverso un sistema di rampe che si snoda tra spazi verdi e pavimentati.

La posizione privilegiata dell'area, in stretto rapporto con il centro storico e l'area verde a valle, consente al visitatore di godere in ogni momento della bellezza della risorsa primaria del paesaggio, attraverso percorsi sicuri e continui.



Il progetto

### *Dotazioni funzionali e organizzazione distributiva*

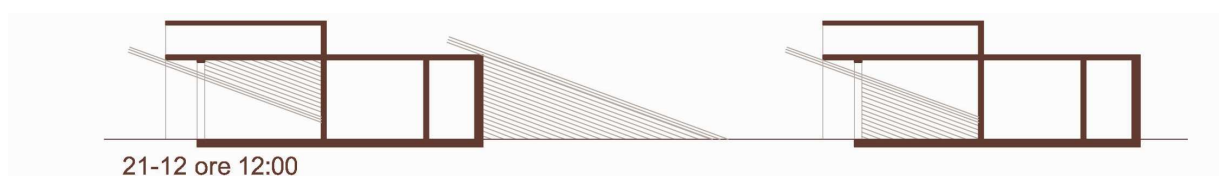
Il nuovo impianto planimetrico prevede due strutture funzionalmente distinte e indipendenti ma collegate da un sistema distributivo che offre l'opportunità di una continuità non solo formale ma anche didattica e formativa.

La nuova scuola materna, dimensionata per accogliere 120 bambini di età compresa tra i 3 e i 6 anni, si caratterizza per la presenza di un corpo curvilineo longitudinale e due corpi trasversali, secondo un andamento radiale generato dalle preesistenze.

Il dato altimetrico della zona costituisce una prima informazione sulla variazione di temperatura dell'aria e la pendenza media del terreno incide direttamente sulla verifica delle ombre portate degli edifici posti sull'area; l'orientamento dei pendii diventa quindi un'informazione interessante al fine di capire l'apporto solare diretto nelle varie stagioni annuali.

In particolare, i due corpi trasversali hanno una relazione diretta con lo spazio esterno e il loro posizionamento è conseguenza di un'attenta analisi del soleggiamento dell'area di intervento.

Nei mesi invernali infatti, quando le condizioni climatiche sono maggiormente sfavorevoli, l'ombreggiamento reciproco dei due corpi è evitato, in quanto la distanza tra essi è tale da consentire una sufficiente illuminazione dei fronti orientati a sud.



Soleggiamento dell'area di intervento

Realizzata su unico piano fuori terra per garantire il diretto contatto con il terreno di gioco e di attività all'aperto, la nuova struttura per l'infanzia è il frutto di un'indagine accurata delle esigenze dei piccoli fruitori.

Tuttavia essa non può prescindere da una conoscenza preliminare della normativa vigente; in particolare, il D.M. del 18.12.1975 fornisce indicazioni in merito alla superficie minima (in relazione al numero di occupanti) e al dimensionamento degli spazi principali.

La nuova struttura sostituisce quelle esistente ed è pertanto destinata a 4 sezioni, ciascuna di 30 bambini, e prevede una superficie coperta pari a 1050 mq.

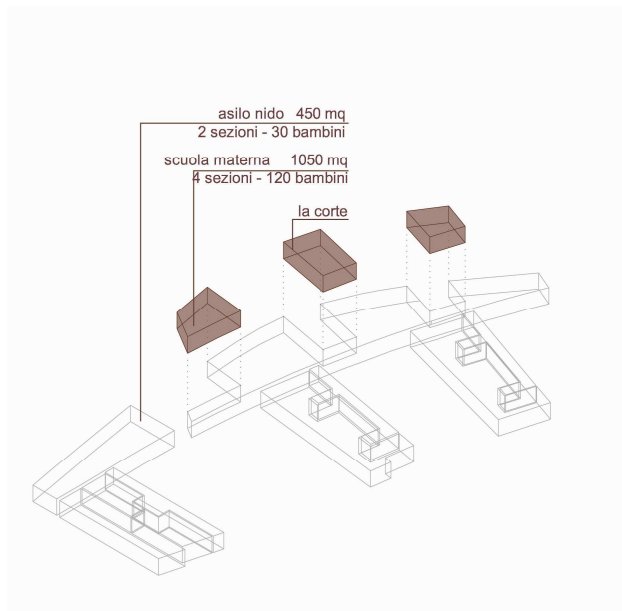
Percorrendo via Allende lungo un percorso pedonale alberato che rimanda visivamente e percettivamente al viale Saffi, di ingresso alla città, si raggiunge un primo spazio di sosta della scuola, possibile punto di incontro per bambini e genitori all'ingresso/uscita dalla scuola.

La vegetazione assume un ruolo importante all'interno della progettazione e offre alcuni vantaggi quali la protezione acustica, dai raggi solari incidenti e dai venti dominanti, oltre ad un controllo del clima e alla capacità depurativa dell'aria.

Attraverso una rampa che fiancheggia il fronte nord di un braccio trasversale si accede al corpo longitudinale sul fronte est, in una posizione baricentrica tale da consentire una rapida riconoscibilità degli spazi interni. Appena entrato nella scuola il bambino trova davanti a sé un ampio atrio che funge da spazio accettazione e deposito carrozzine, ma anche da ambiente gioco, prima di dirigersi verso le rispettive sezioni.

La presenza di corti verdi non solo arricchisce gli spazi interni e determina una presenza vegetazionale gradevole anche all'interno dell'edificio, ma consente una buona illuminazione naturale degli ambienti.

Poiché il sistema distributivo che consente di raggiungere facilmente le aule è a diretto contatto con gli spazi esterni attraverso numerose aperture, gli spazi di servizio hanno la possibilità di un affaccio sulle corti e possono quindi godere di tale vista.



Le corti

Come previsto da normativa la sezione, ovvero l'unità minima funzionale, ospita gruppi di lavoro costituiti da un numero limitato di bambini, al fine di evitare interferenze negative e situazioni dispersive e favorire un'integrazione graduale.

L'unità pedagogica deve ospitare un numero massimo di 30 alunni e garantire lo svolgimento separato di attività ordinate, libere e pratiche.

Le prime necessitano di spazi ampi in quanto riguardano attività a tavolino che devono essere possibili all'interno di ciascuna sezione. Al contrario, lo spazio destinato ad attività libere può servire fino a tre sezioni; a tal fine esso è stato collocato in una posizione attigua allo spazio sopra descritto e da questo distinto attraverso divisioni mobili. Questo rende possibile un utilizzo indistinto degli ambienti che asseconda le necessità didattiche e garantisce una buona flessibilità spaziale.

Per quanto riguarda le attività pratiche, e in particolare l'indossare e togliersi gli indumenti, esse sono consentite all'ingresso delle sezioni; i dormitori e i servizi igienici sono invece disposti longitudinalmente in una fascia centrale, a diretto contatto con le sezioni. In questo modo è favorito l'ampio controllo da parte delle educatrici ed è garantita una continuità diretta con le attività didattiche. Essi sono caratterizzati da un'illuminazione diffusa tramite lucernai posti in copertura e consentono un rapporto costante con gli spazi della sezione.

Una pavimentazione in linoleum sicura, lavabile e antiscivolo è presente nella maggior parte degli ambienti, dove il colore assume una forte rilevanza. All'interno delle sezioni si ritrovano colori caldi, accoglienti e vibranti come il giallo e l'arancione, mentre all'interno dei dormitori si ricerca un'atmosfera pacata tramite l'utilizzo di toni azzurri.



La sezione

Nel corpo longitudinale trovano disposizione locali destinati al corpo docenti, al personale in genere e altri servizi per i bambini, quali un'ampia biblioteca e laboratori didattici. Trovano inoltre spazio la lavanderia, l'ambulatorio e le sale insegnanti con relativi locali igienici.

La mensa e la cucina, con locali annessi, ossia dispensa, spogliatoi per il personale etc., si trovano all'estremità nord dell'area ed hanno accessibilità diretta dall'esterno, sia pedonale che carrabile: il personale può infatti entrare da un ingresso sul retro che consente di avere all'interno una separazione netta tra il flusso dei bambini e quello di servizio. L'ampia cucina (35 m<sup>2</sup>) è adiacente alla mensa (50 m<sup>2</sup>) e ciò facilita le operazioni di distribuzione pasti; l'ampio spazio della mensa è inoltre a diretto contatto con l'esterno per favorire la fruibilità delle aree verdi esterne anche nelle ore immediatamente successive ai pasti.

Lo spazio all'aperto, infatti, altro non è che una proiezione degli ambienti interni, dove gli educatori possono trovare le giuste condizioni per proseguire l'attività pedagogica praticata al coperto. Per questo motivo è necessario prevedere zone che consentano lo svolgimento di diverse attività: in particolar modo la presenza di un deck immediatamente esterno alle aule e protetto dall'aggetto della copertura diventa uno spazio ombreggiato e piacevole, mentre il terreno con manto erboso, siepi e alberi ad alto fusto ricrea gli scenari naturali dell'intorno, quelli che il bambino osserva lungo i percorsi pedonali.





Il fronte sud e l'area gioco

La medesima logica distributiva guida la progettazione del nuovo nido, il quale accoglie 30 bambini di età compresa tra 0 e 36 mesi, con una superficie coperta di 450 mq.

Esso si sviluppa secondo una forma a "L" dove il corpo longitudinale, orientato ad est, si adagia al muro di contenimento e costituisce una prosecuzione del corpo della scuola materna, alla quale è collegato attraverso un sistema di risalita ad uso esclusivo dei due edifici.

In questo corpo è collocato l'insieme dei locali destinati al personale, la cucina, la lavanderia, l'ambulatorio e l'ingresso all'edificio; quest'ultimo è costituito da un ampio atrio (47 m<sup>2</sup>) che funge da spazio accettazione e deposito carrozzine.

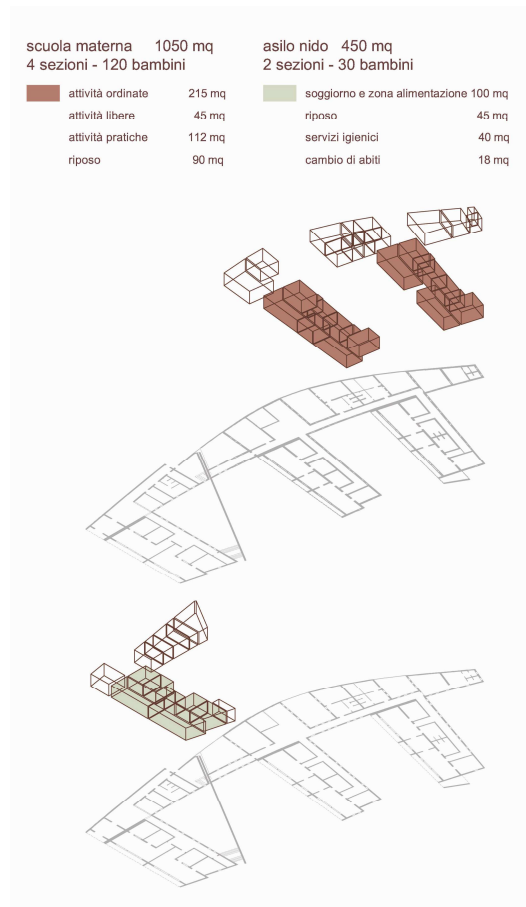
La struttura è raggiungibile attraverso un sistema di rampe e percorsi pedonali accessibili ai disabili, al fine di incentivare gli spostamenti a piedi di alunni e genitori. Tuttavia è possibile posteggiare l'auto in un parcheggio esistente posto nelle immediate vicinanze e raggiungere l'edificio attraverso un percorso sicuro.

Il progetto, nell'obiettivo di interpretare al meglio lo scambio tra spazio interno ed esterno per favorire il rapporto dei bambini con la natura e valorizzare la posizione panoramica del sito, rivolge particolare attenzione all'organizzazione distributiva.



In particolare le sezioni, spazi fulcro della scuola, sono collocate lungo i bracci trasversali e si caratterizzano per un contatto diretto con lo spazio verde prospiciente, grazie alle ampie aperture sul fronte sud.

Gli aspetti ambientali e storici del luogo influenzano la nascita di forme architettoniche ottimali per il mantenimento dell'equilibrio termico. L'obiettivo è quello di creare la forma migliore in funzione dell'orientamento dell'edificio e delle aperture esterne, al fine di ridurre le dispersioni termiche e favorire la ventilazione e i ricambi d'aria naturali. Per questo motivo le due sezioni del nido ( e le quattro della materna), appositamente schermate da un aggetto della copertura, si affacciano sul fronte sud, ciascuna dotata di appositi spazi per il sonno e i servizi igienici.



L'organizzazione distributivo-spaziale delle due scuole

Un elemento di notevole importanza nella realizzazione di una scuola per l'infanzia è la progettazione dell'arredo interno. Sia esso fisso o mobile, rappresenta uno strumento pedagogico a disposizione del bambino: in particolar modo l'arredo fisso deve essere studiato per ricreare un ambiente il più possibile familiare e protetto. Nicchie o luoghi

raccolti suggeriscono nel bimbo l'idea di trovarsi in un luogo sicuro e su misura; per questo la forma degli ambienti è pensata per facilitare l'organizzazione interna dei vari "angoli" orientati alla formazione: zona "tranquilla o morbida" con tappeti, cuscini, delimitata da mobili bassi che danno un senso di protezione, "zona di attenzione" con tavolini e piccole sedute, nicchie.



L'ingresso alla scuola



Traguardo visivo

*Il sistema costruttivo: elementi prefabbricati e assemblaggio a secco*

La tipologia costruttiva è pensata simile per entrambe le scuole ed è costituita da un sistema costruttivo montato a secco. Questo risponde ad alcuni criteri fondamentali nell'ottica della sostenibilità, tra cui la limitazione nell'uso dell'acqua e la possibilità di recupero tramite smontaggio. Esaltati i pregi del legno e corretti i suoi difetti, quali la deteriorabilità, l'inflammabilità e il limite all'uso, questo materiale offre ora sistemi costruttivi leggerissimi, affidabili e durevoli.

Il progetto del dettaglio tecnologico è essenziale per controllare e intercettare fenomeni climatici sfavorevoli e sfruttare quelli vantaggiosi nel momento giusto e nelle quantità adeguate, in maniera da ottimizzare il comportamento dell'edificio.

Nel progetto di una scuola risulta di grande importanza il tema della prefabbricazione e rapidità di realizzazione; per questo la scelta di pareti in xlam unisce le caratteristiche delle costruzioni massicce tradizionali con la salubrità e le proprietà ecologiche del legno. Essa è realizzata con pannelli BBS che nascono dall'incollaggio di diversi strati di tavole di legno incrociati, cioè ortogonali l'uno rispetto all'altro; ne deriva un materiale con l'efficacia strutturale della lastra e della piastra, che può essere sollecitato staticamente in diverse direzioni. Il vantaggio essenziale è la stabilità dimensionale e le doti di rigidità rendono tali strutture particolarmente adatte nell'edilizia antisismica e per la realizzazione di ogni tipo di edificio anche multipiano.

In confronto ad una struttura a pannelli lignei intelaiati, nella struttura in legno massiccio la parte strutturale costituisce una parte a sé stante, in adiacenza alla quale viene posizionato esternamente il pacchetto di isolamento, aumentando così la massa e riducendo i ponti termici.

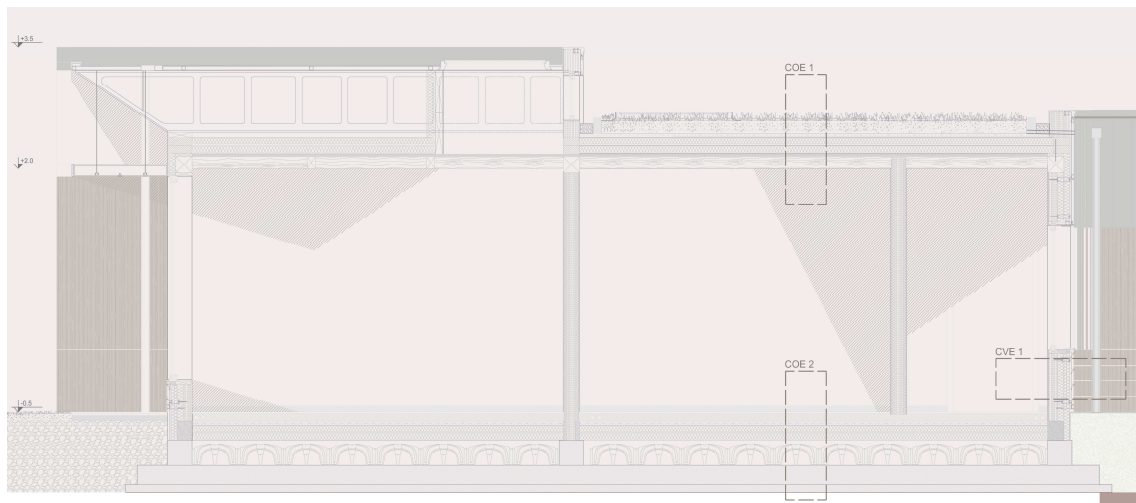
Esternamente le pareti in xlam sono protette da un sistema di facciata ventilata, costituita da una doppia orditura di profili in acciaio che permette la formazione di un'intercapedine areata e sorregge le componenti del rivestimento, lamiera e Pannelli Trespa. Disponibili in una vasta gamma di colori, effetti e finiture, questi ultimi sono pannelli da esterni omogenei, particolarmente indicati per la realizzazione di facciate ventilate ad elevato isolamento. Essi rientrano dunque all'interno dell'ottica di impiego di applicazioni sostenibili per un ambiente di vita sano.

La scelta di introdurre la facciata ventilata, specie sul fronte sud, è volta ad evitare il surriscaldamento delle superfici vetrate, grazie al principio base di tale sistema, ossia il passaggio dell'aria all'interno di un'intercapedine

Al fine di creare ambienti confinati controllati da un punto di vista climatico, sfruttando materiali e tecnologie locali e sviluppando soluzioni architettoniche in grado di dare una risposta alle principali esigenze dei fruitori, l'attenta analisi del clima locale è il primo passo progettuale da compiere.

Il fabbisogno di energia di un edificio può essere infatti ridotto grazie al controllo della quantità di calore che passa attraverso la pelle esterna.

Nella progettazione in genere e nella bioarchitettura in particolare un aspetto che riveste fondamentale importanza è la scelta dei materiali in relazione alle loro peculiarità e caratteristiche tecniche specifiche.

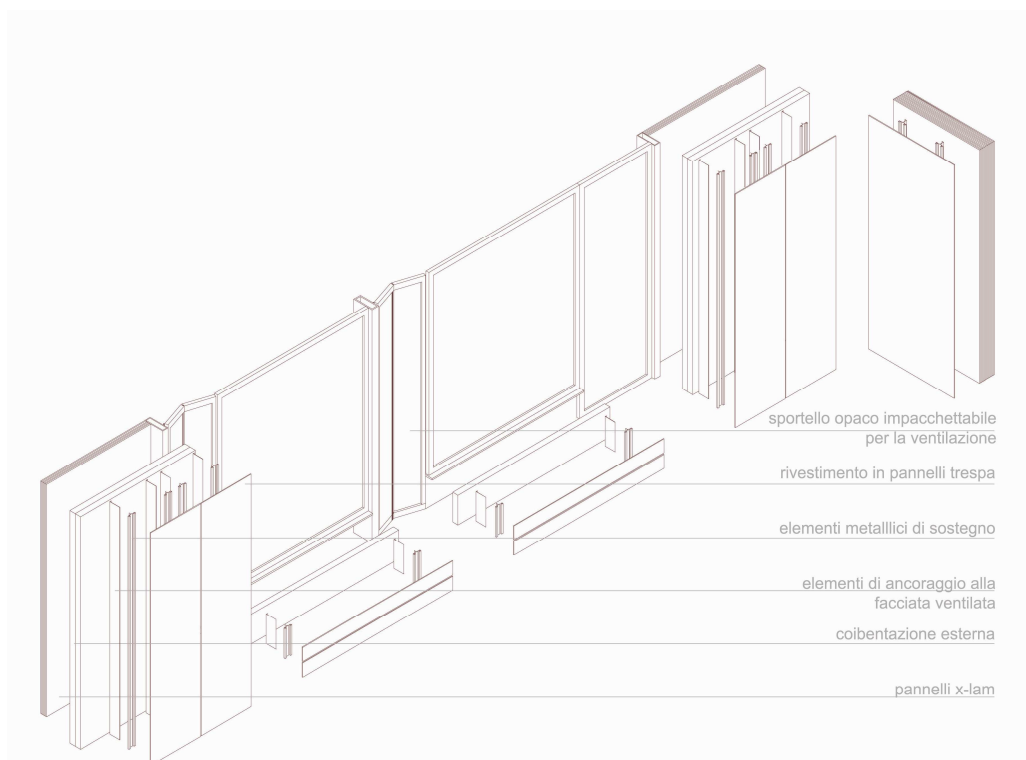


La sezione tecnologica

A tal fine il rivestimento in Pannelli Trespa e lamiera che caratterizza i fronti delle scuole non solo cerca di integrarsi, a livello cromatico, con il contesto in cui si inserisce, ma fornisce una soluzione al problema del surriscaldamento degli ambienti interni.

In particolare, per quanto riguarda il fronte sud, maggiormente esposto alla radiazione solare diretta, la facciata ventilata consente non solo un guadagno solare grazie alle ampie vetrate, ma riduce anche i valori di trasmittanza dell'involucro esterno.

Il risultato finale è una riduzione dei consumi e un aumento del livello naturale di confort; a tale proposito sui fronti sud di entrambi gli edifici è stata studiata l'introduzione di pannelli opachi per la ventilazione, impacchettabili a libro, che si alternano alle aperture fisse.



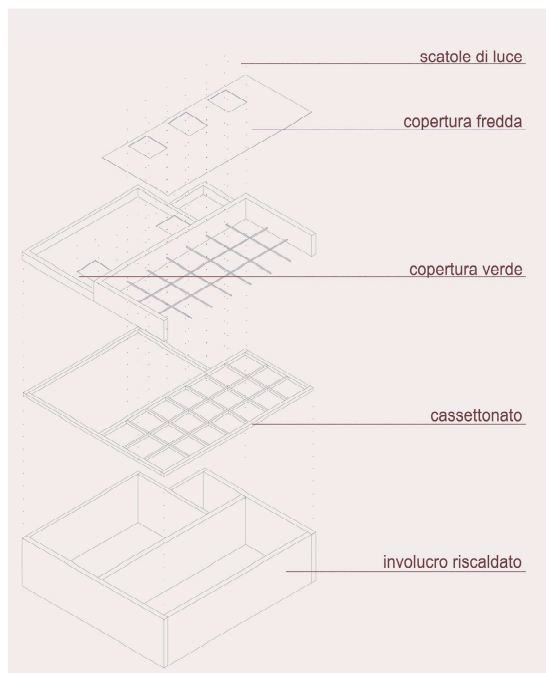
Il fronte sud delle aule

### *Coperture energeticamente efficienti: tetti verdi e tetti freddi*

La corretta realizzazione della copertura di un edificio ha un'importanza determinante non solo nel condizionare la durata nel tempo degli elementi impiegati e quindi dell'intero pacchetto tecnologico, ma anche nel garantire l'ottenimento di condizioni igrotermiche ottimali negli ambienti sottostanti.

La scelta di un doppio sistema di copertura negli spazi della sezione risponde sia ad esigenze termiche che di comfort luminoso.

L'involucro caldo dell'aula è infatti isolato termicamente e a questo si sovrappone una copertura fredda rivestita in lamiera, sorretta da una trave reticolare. Questo consente di evitare il surriscaldamento estivo degli ambienti interni dovuto all'incidenza diretta dei raggi sulla lamiera e la realizzazione di un cavedio per la ventilazione. Attraverso quest'ultimo si ha il passaggio di luce diffusa e una nuova stimolazione percettiva per il bambino, attraverso lucernai posti sulla sommità della copertura che illuminano le porzioni di aula maggiormente distanti dalle superfici vetrate, raggiungendo così una condizione di comfort interna.



La scatola di luce

Tutta la radiazione solare ha infatti una grandissima importanza ai fini igienico-sanitari, in quanto il sole, oltre ad avere un effetto termico e luminoso, esplica un non trascurabile effetto sull'organismo umano, sia dal punto di vista fisiologico che terapeutico e psicologico.

La qualità dell'aria interna può infatti avere effetti significativi sia sulla salute sia sul comfort abitativo. Ai fini di un migliore benessere psico-fisico è quindi da preferire un'illuminazione naturale che renda possibile un contatto tra interno ed esterno e consenta l'ingresso diretto ai raggi solari. A questo proposito il sistema di facciata è stato studiato in maniera tale da alternare ampie vetrate fisse a pannelli opachi per la ventilazione, garantendo così l'ingresso della radiazione solare ed evitando, allo stesso tempo, il surriscaldamento.

Gli spazi per le attività libere, i dormitori e i restanti ambienti sono invece caratterizzati da una copertura verde. Alcuni utilizzi di questa copertura si rivelano di grande interesse ai fini del benessere ambientale non solo degli ambienti confinati sottostanti ma anche nell'ambito di una gestione sostenibile delle risorse.

I tetti verdi, che tentano di restituire in copertura il suolo occupato dai volumi edificati, rappresentano un importante strumento per la mitigazione ambientale a scala urbana e territoriale. Oltre alla ridotta riflessione del calore la vegetazione contribuisce alla mitigazione ambientale del microclima, con un effetto refrigerante nei mesi estivi.

Gli effetti positivi si ripercuotono non solo sull'atmosfera locale ma anche sull'edificio stesso: il verde pensile ha un potere termoisolante che aumenta l'inerzia termica del pacchetto di copertura. L'aumento della massa e il maggior assorbimento del rumore di fondo urbano comporta un aumento di benessere acustico interno ed esterno. La differenza tra le due tipologie principali di inverdimento, intensivo ed estensivo,, è legata ai vari livelli di manutenzione che il verde richiede e solo indirettamente agli spessori delle stratificazioni e alla dimensione della vegetazione. Il verde estensivo necessita infatti di una manutenzione minima, soprattutto dopo i primi due anni

Per fronteggiare la mancanza in alcuni ambienti di sufficiente illuminazione naturale, sono stati inseriti lucernai in copertura, ottenendo così l'ingresso di luce zenitale.





## 5. LA MODELLAZIONE ENERGETICA

### 5.1 Lo stato di fatto

La certificazione energetica è uno strumento efficace per promuovere e incentivare la qualità energetica e si pone l'obiettivo di concorrere ad un miglioramento delle prestazioni degli edifici con conseguente riduzione della produzione di CO<sub>2</sub>, attraverso un'azione diretta a sensibilizzare l'utenza.

La tesi affronta il tema dell'architettura scolastica ambientalmente sostenibile, a basso consumo energetico, capace di abbinare ad eccellenti livelli di qualità formale ed espressiva elevate prestazioni di adeguatezza funzionale e comfort, producendo il minimo impatto sulle risorse dell'ecosistema.

L'obiettivo della tesi è stato quello di progettare un edificio che ne permetta la certificazione in *Classe A* rispetto alla DAL 156/2008 della Regione Emilia-Romagna.

In particolare, avendo ad oggetto l'ampliamento della scuola materna "Coccinella" esistente, si è deciso di intervenire attraverso una riqualificazione energetica dello stato di fatto.

Il software di calcolo utilizzato per la modellazione ed il calcolo del fabbisogno energetico è Termolog EPix2 della LogicalSoft; validato dal CTI (validazione n-°9) esso prevede il calcolo secondo le norme UNITS 11300-1 (fabbisogno energia termica utile) e UNITS 11300 parte 2 (rendimenti impianto termico e fabbisogno energia primaria).

### *Dati geometrici*

In una prima fase, in seguito all'inserimento nel software di dati di carattere generale (anno di costruzione, destinazione d'uso, località, zona climatica..), sono stati individuati i principali dati geometrici dell'edificio. Questi, attraverso un input di dati grafici e tabellari, hanno rappresentato il punto di partenza per la determinazione dei principali risultati del calcolo, in relazione a involucro, edificio, impianto di riscaldamento, produzione di acqua calda sanitaria, comportamento energetico globale.

I principali dati geometrici della scuola materna elaborati dal software sono:

*Volume lordo:*  $3.463 \text{ m}^3$

*Volume netto:*  $2.424 \text{ m}^3$

*Superficie lorda:*  $1.162 \text{ m}^2$

*Superficie utile netta:*  $1.045 \text{ m}^2$

*Superficie disperdente:*  $2.830 \text{ m}^2$

$S/V = 0,80$

Si evince immediatamente come il rapporto di forma S/V (superficie disperdente/volume riscaldato) sia fortemente svantaggioso ai fini di un contenuto consumo energetico dell'edificio e rappresenti una difficoltà in merito alla quale è risultato difficile intervenire. Le specifiche prestazioni richieste all'interno dei principi dell'edificio passivo evidenziano infatti un rapporto  $S/V < 0,6$ .

*Caratteristiche architettoniche e costruttive*

La struttura oggetto di tesi ospita ad oggi quattro sezioni di materna e una di nido, per un totale di 130 bambini di età compresa tra 0 e 6 anni.

La destinazione d'uso dell'edificio secondo il DPR 412/1993 e DAL 156/2008 è "E.7 : attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili". Gli apporti interni, i carichi termici ed il fabbisogno di acqua calda sanitaria sono calcolati in base alla destinazione d'uso.

Realizzata su un unico piano fuori terra con copertura a due falde, essa è caratterizzata da un controsoffitto piano che delimita il sottotetto non riscaldato e determina un'altezza interna pari a tre metri. Si è così deciso di modellizzare l'edificio come un'unica zona termica, in quanto tutti gli ambienti sono caratterizzati dalla medesima altezza.

La struttura portante, in pannelli prefabbricati in conglomerato cementizio e poliuretano, caratterizza sia gli elementi verticali che il solaio tubolare di copertura, mentre una trave in c.a. perimetrale, realizzata successivamente all'anno di costruzione, contribuisce al consolidamento sismico dell'edificio.

Un solaio nervato in c.a.v. contro terra disperde verso il terreno tramite un vespaio aerato, mentre le componenti trasparenti rappresentano circa il 30% delle superfici verticali.

Dal punto di vista impiantistico la struttura dispone di un impianto autonomo collocato all'interno del vano tecnico adiacente agli ambienti della cucina.

La centrale termica è costituita da un generatore standard monostadio che determina la produzione combinata per acqua calda sanitaria e riscaldamento; i terminali di regolazione impiegati sono ventilconvettori negli spazi delle sezioni e termosifoni negli ambienti di servizio.

### *Caratteristiche termo fisiche dei componenti edilizi*

Attraverso l'input grafico l'edificio è stato inserito nel software e ne sono state definite le componenti termo-fisiche.

Dopo l'introduzione dei primi dati di carattere generale si è proceduto ad una definizione dei componenti dell'involucro, suddivisi secondo cinque categorie: muri, pavimenti, soffitti, finestre, ponti termici. Per ciascuna di queste categorie, al fine di determinarne il valore  $U$  di trasmittanza, sono stati inseriti i dati dimensionali, la categoria di appartenenza (ovvero il tipo di perdita a cui sono sottoposti), l'orientamento e la relativa stratigrafia. Quest'ultima, se nota, è stata completata individuando i giusti materiali all'interno dell'archivio proposto dal software; al contrario, in mancanza di conoscenza della stessa, si è inserito il valore noto di trasmittanza del componente all'interno delle "strutture precalcolate".

In particolare, nel caso in esame, per quanto riguarda le chiusure verticali esterne, una prima difficoltà si è incontrata a causa della singolarità della struttura portante; non è infatti stato possibile ricostruire l'effettivo pacchetto murario in quanto non sono presenti simili tipologie di pannelli prefabbricati all'interno dell'archivio generale del programma.

Si è pertanto scelto di considerare le chiusure verticali esterne come "strutture precalcolate", inserendo il valore noto della trasmittanza  $U$  ( $U=0.81 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) secondo quanto previsto dalla UNITS 11300-1 (tabelle suddivise per zone climatiche e anno di costruzione, vedi ALLEGATO A).

Ai fini del calcolo, inoltre, non è stata considerata la copertura a due falde esistente; poiché il volume riscaldato ( $h=3.00 \text{ m}$ ) è delimitato da un controsoffitto in cartongesso (spessore  $20 \text{ mm}$ ), si è scelto di individuare quest'ultimo come chiusura orizzontale di copertura, considerando la dispersione verso il sottotetto non riscaldato ma isolato.

Sono stati in seguito inseriti i ponti termici nei diversi nodi e in relazione ai serramenti.

Per quanto riguarda la compilazione dei dati relativi agli impianti, attraverso un primo sopralluogo è stato possibile reperire alcuni dati relativi al generatore monostadio presente nella centrale termica (vedi ALLEGATO B).

**Generatore di calore - Riscaldamento**

Nome: A

Impianto di appartenenza:

Generatore Perdite

Tipo di generatore: Generatore standard monostadio

Tipo di combustibile: Metano (Gas G20) Per accedere all'archivio dei combustibili cliccare qui: [Archivio combustibili](#)

Temperatura di mandata di progetto: 70,0 °C Temperatura media di prova: 45,0 °C

Temperatura di ritorno di progetto: 20,0 °C

Dopo aver inserito le temperature di mandata e ritorno di progetto è possibile importare i dati relativi ad un generatore presente in archivio cliccando il pulsante qui di fianco: [Archivio generatori](#)

Parametri generatore - calcolo analitico B3

Potenze e ausiliari Rendimenti e caldaie a condensazione

Potenze

Potenza al focolare  $\phi_{cn}$  115,00 kW Potenza min. al focolare continuo a fiamma accesa  $\phi_{cn,min}$  34,50 kW

Potenza di riferimento  $\phi_{ref}$  105,00 kW

Ausiliari

Tipo di bruciatore: Generatore con bruciatore atmosferico

Potenza elettrica ausiliari prima del generatore  $W_{br}$  57,02 W

Tipo di ventilatore: Ventilatore aria comburente e ausiliari bruciatore (gas)

Potenza ausiliari elett. alla potenza minima  $W_{br,min}$  69,00 W

Fattore di recupero di  $W_{br}$   $k_{br}$  0,80

Potenza elettrica ausiliari dopo il generatore  $W_{af}$  330,00 W

Fattore di recupero di  $W_{af}$   $k_{af}$  0,80

Calcola

Registra Annulla

È stata così indicata la tipologia di generatore di calore (standard monostadio per produzione combinata per acqua calda sanitaria e riscaldamento). Per quanto riguarda il sistema di emissione, all'interno della scuola sono presenti terminali di erogazione ad acqua con ventilatore ausiliario (ventilconvettori 55°C/45°C).

Essi sono sempre in funzione, mentre relativamente al sistema di distribuzione, noto l'anno di realizzazione dell'edificio, il software attribuisce una discreta qualità di isolamento delle tubazioni ( $\eta=0,98$ ).

I componenti edilizi individuati sono stati suddivisi in chiusure verticali, orizzontali ed elementi trasparenti.

L'ALLEGATO C mostra le trasmittanze di ciascun materiale costitutivo della stratigrafia dei componenti.

## CHIUSURE VERTICALI ESTERNE

(250 mm, dispersione verso esterno):

$$U=0,81 \text{ W/m}^2\text{K}$$

## CHIUSURE ORIZZONTALI - SOLAIO DI COPERTURA

(20 mm, dispersione verso sottotetto non riscaldato ma isolato):

- Lastra cartongesso

$$U=4,55 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Elenco dei materiali	Spessore [mm]	R [m²·K/W]	Lambda [W/m·K]	densità [kg/m³]
Adduttanza interna (flusso verticale)	0,0	0,100	10,000	
A Cartongesso	20,0	0,080	0,250	90
Adduttanza esterna (flusso verticale)	0,0	0,040	25,000	
<b>Totale</b>	<b>20,0</b>	<b>R=0,220</b>		
		<b>U=4,545</b>		

## CHIUSURE ORIZZONTALI - SOLAIO CONTROTERRA

(240 mm, dispersione verso terreno):

- Pavimentazione (10 mm)
- Strato isolante in sughero (80 mm)
- Soletta in cls (150 mm)

$$U=0,747 \text{ W/m}^2\text{K}$$

**Strutture opache**

Nome: pavimento controterra

Tipo: Pavimento

Area: 0 (m² Opzionale)

**INTERNO**

Elenco dei materiali	Spessore [mm]	R [m²K/W]	Lambda [W/mK]	densi [kg/m]
Adduttanza interna (flusso verticale)	0,0	0,170	5,880	
A Piastrelle per rivestimento (2300 k)	10,0	0,010	1,000	2,30
B Strato isolante, gomma cellulare o	80,0	0,800	0,100	27
C Calcestruzzo normale interno (180)	150,0	0,167	0,900	1,80
<b>Totale</b>	<b>240,0</b>	<b>R=1,147</b>		
		<b>U=0,872</b>		

**ESTERNO**

Verifica termoisolante

Verifica di legge

- Trasmittanza non verificata! 0,872 > 0,330 W/m²K (Zona E, 2010)
- Condensa superficiale! 1,309 > 0,887 (Aprile)
- Condensa assente
- Massa frontale 315 >= 230 kg/m²
- Trasmittanza termica periodica YIE = 0,524 W/m²K > 0,2

## ELEMENTI TRASPARENTI

- Vetro doppio 4-12-4 (flusso interno:aria) con telaio in pvc a taglio termico con due camere

$$U_{\text{vetro}}=3,048 \text{ W/m}^2\text{K}$$

**Componenti finestrati**

Impostazioni generali | Geometria | Vetro e telaio | Apporti solari e chiusure | Dispersioni associate | Documenti | Immagine

**Primo Serramento**

Superficie vetrata

Struttura superficie vetrata: Esempio - Vetro doppio 4-12-4

Trasmittanza termica dell'elemento vetrato

Ug 3,048 W/m²K

Emissività del vetro: 0,837

Trasmittanza termica lineare del giunto tra telaio e vetrata

Vetro: Vetrata doppia o tripla, vetro non rivestito, interce

Materiale del telaio: Telaio in metallo con taglio termico

Distanziatore: Metallo

Trasmittanza lineica

Ψg 0,08 W/mK

Telaio

Materiale del telaio: PVC profilo vuoto

Tipo telaio: Con due camere

Spessore trasversale: 0

Trasmittanza termica del telaio

Uf 2,200 W/m²K

Valori calcolati

Non effettuare il calcolo automatico

Trasmittanza termica del serramento (Uw)

Trasmittanza termica del serramento compresa la chiusura (Uw, CORR)

[singolo] 3,098 W/m²K

3,098 W/m²K

Trasmittanza non verificata! 3,098 > 2,200

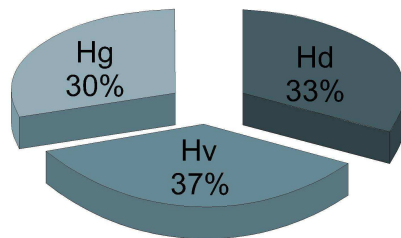
Condizioni di verifica: Bertinoro, zona E Anno: 2010

In seguito all'inserimento dei diversi componenti sono state analizzate le singole dispersioni (vedi ALLEGATO D).

Da questi dati risulta evidente come le dispersione dei diversi componenti superino di gran lunga i limiti posti dalla normativa ( $U_{lim}=0,33 \text{ W/m}^2\text{K}$ ); le pareti e le componenti trasparenti hanno un valore di trasmittanza  $U>70\%$  rispetto ai limiti di legge.

In particolare, la simulazione energetica ha evidenziato quanto le singole dispersioni incidono in termini percentuali:

- $H_v = 37\%$  (coeff. di scambio termico per ventilazione)
- $H_d = 33\%$  (coeff. di scambio termico per dispersione)
- $H_g = 30\%$  (coeff. di scambio termico verso il terreno)

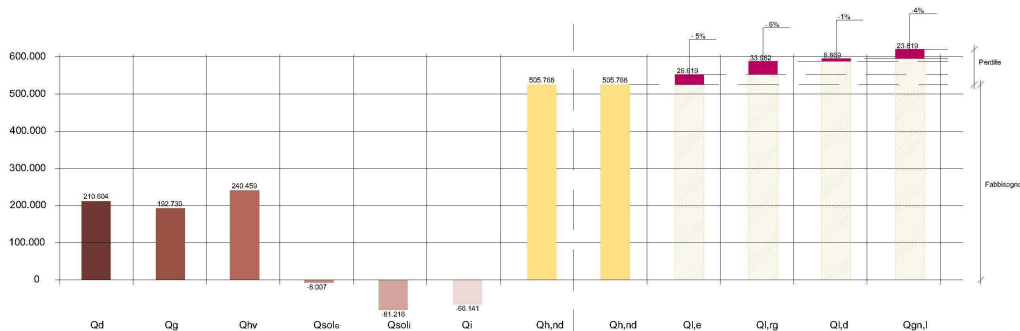


Incidenza percentuale delle principali dispersioni dei coeff. di scambio termico

Le principali difficoltà incontrate nell'uso del software hanno interessato la definizione del metodo di calcolo da utilizzare, sia per quanto riguarda le impostazioni generali, sia in relazione agli impianti termici e ai dati geometrici.

Si è scelto di adottare il metodo analitico per l'inserimento dei ponti termici e quello tabellare in relazione alla capacità termica, alle zone confinanti e allo scambio termico verso il terreno.

Per compilare le informazioni relative agli impianti presenti nell'edificio si è utilizzato il metodo analitico appendice B3 (procedura UNI EN 15316-2).



Analisi percentuale delle dispersioni dell'impianto dell'edificio in relazione al fabbisogno dell'involucro

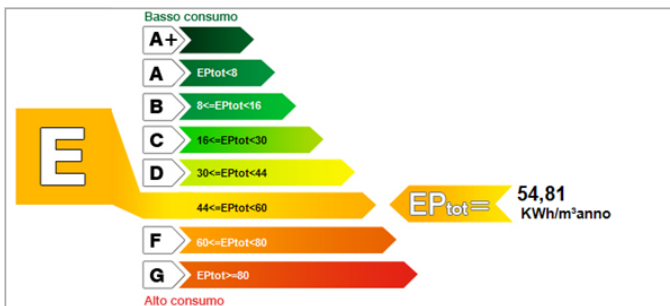


## Risultati della simulazione del comportamento energetico

L'efficacia del software risiede nella semplicità con la quale, attraverso un attestato, viene comunicata in modo semplice una caratteristica dell'edificio che altrimenti non potrebbe essere percepita. Attraverso il rilascio di un attestato si evidenziano infatti la classe energetica dell'edificio e gli indici di prestazione energetica totale ( $EP_{tot}$ ), relativi alla climatizzazione invernale ( $EP_{inv}$ ) e alla produzione di acqua calda sanitaria ( $EP_{acs}$ ).

I principali risultati energetici relativi allo stato di fatto:

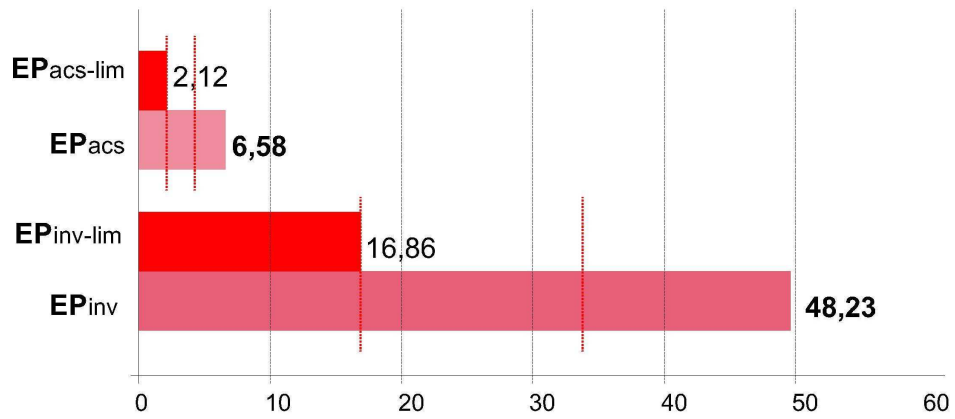
- $EP_{tot} = 54,81 \text{ KWh/m}^3\text{a}$
- *Classe energetica: E*
- $EP_{inv} = 48,23 \text{ KWh/m}^3\text{a} > EP_{inv \text{ lim}} = 16,86 \text{ KWh/m}^3\text{a}$
- $EP_{acs} = 6,58 \text{ KWh/m}^3\text{a} > EP_{acs \text{ lim}} = 2,12 \text{ KWh/m}^3\text{a}$
- *Fabbisogno energia termica utile dell'involucro edilizio (regime invernale): 140.491,10 KWh/anno*
- *Fabbisogno energia termica utile dell'involucro edilizio (regime estivo): 17.064,90 KWh/anno*
- *Fabbisogno energia termica utile per la produzione di acs: 20.517,30 KWh/anno*



Ancora una volta risulta evidente l'elevato consumo dell'edificio, collocato in classe E, in quanto i valori sopra descritti risultano tre volte superiori ai limiti di legge.

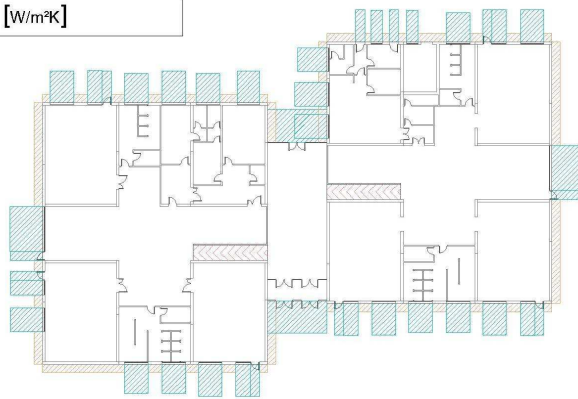
Il fabbisogno di energia termica dell'edificio in regime invernale è 8 volte superiore a quello per la stagione di raffrescamento.

## Percorsi di sostenibilità

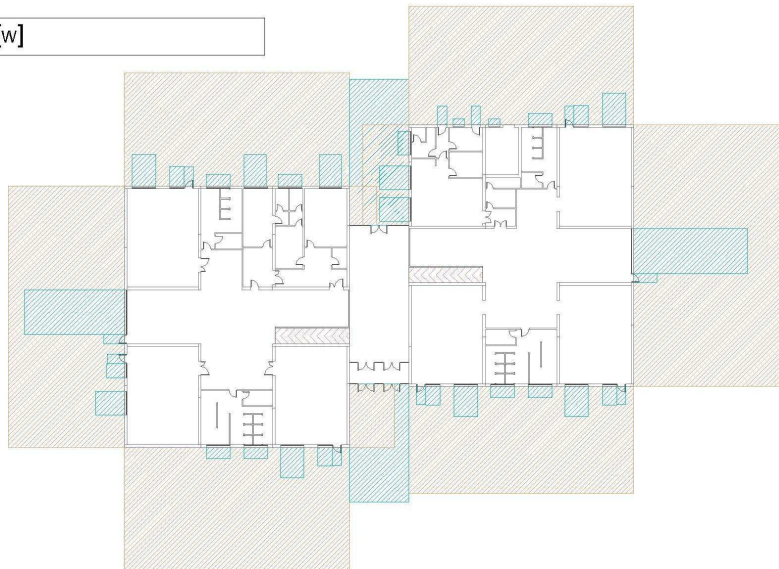


L'edificio ha un consumo 3 volte superiore ai limiti di legge.

TRASMISSIONE U [W/m²K]



POTENZA [w]



Le pareti e le componenti trasparenti hanno un valore di trasmittanza  $U > 70\%$  dei limiti di legge. In termini di potenza le pareti assumono una forte rilevanza.

### *Le strategie energetiche*

Al fine di migliorare la prestazione energetica dell'edificio analizzato si è deciso di procedere per successivi STEP di intervento, con l'obiettivo di ridurre le dispersioni.

In particolare, partendo dall'analisi dello stato di fatto (STEP 1), all'interno delle strategie per il miglioramento del comportamento energetico dell'edificio si è intervenuti in primo luogo sulle dispersioni dell'involucro. Inizialmente (STEP 2-a) sono state sostituite le trasmittanze dei componenti con i valori limite imposti dalla legge, ottenendo così una riduzione dei consumi del 14%. Successivamente (STEP 2-b), tali valori sono stati ulteriormente ridotti ipotizzando un cappotto esterno e l'isolamento delle chiusure orizzontali attraverso l'utilizzo di un isolante in sughero ( $\lambda=0,035\text{W/mK}$ ) di spessore 16 cm, ottenendo così valori di U inferiori di oltre il 40% rispetto ai limiti di legge.

Per quanto riguarda i serramenti, si è scelto di introdurre vetri a bassa emissività in sostituzione di quelli esistenti, riducendo inoltre le dimensioni del telaio in quanto fortemente disperdente.

La diminuzione dell'indice  $E_p$  è del 42%.

Un'ulteriore strategia di riqualificazione energetica ha previsto l'intervento sulle dispersioni per ventilazioni, incidenti per il 37% sul consumo totale. Nello STEP 3 si è deciso di prevedere un recuperatore di calore al fine di controllare il grado igrometrico e il tasso di inquinamento all'interno degli ambienti. Attraverso questa strategia si è ottenuta una riduzione dell'indice  $E_p$  del 57% e la collocazione dell'edificio in classe C.

Un ulteriore miglioramento energetico (STEP 4) è stato ottenuto sostituendo la caldaia esistente con un impianto a miglior rendimento ( $\eta>40\%$  rispetto all'impianto esistente).

Infine, attraverso l'installazione di una pompa di calore (STEP 5), si è ottenuta una riduzione dell'indice  $E_p$  del 71% e l'inserimento dell'edificio in classe B. L'ALLEGATO E, relativo all'ultimo step, mostra le trasmittanze di ciascun materiale costitutivo della stratigrafia dei componenti.

Di seguito si riportano i principali risultati dei diversi STEP:

STEP	Denominazione	EP (kWh/m <sup>3</sup> a)	Classe energetica
1	Analisi dello stato di fatto	54,81	E
2a	Adeguamento Ucomponenti-limiti di legge	47,04	E
2b	Isolamento termico dell'edificio con Ucomponenti <42% rispetto ai limiti di legge	31,59	D
3	Inserimento di un recuperatore di calore	23,71	C
4	Sostituzione della caldaia esistente	22,61	C
5	Installazione di una pompa di calore	15,65	B

L'ALLEGATO F mostra le riduzioni percentuali dell'indice Ep, dei coeff. di dispersione, del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la stagione di riscaldamento e raffrescamento e l'incremento del rendimento impiantistico, attraverso i successivi step di intervento.

I risultati della simulazione energetica mostrano una riduzione finale dell'indice Ep del 71%. Non si è riusciti a raggiungere la Classe A ma il miglior risultato possibile consente di risparmiare circa 40 kWh/m<sup>3</sup>anno.

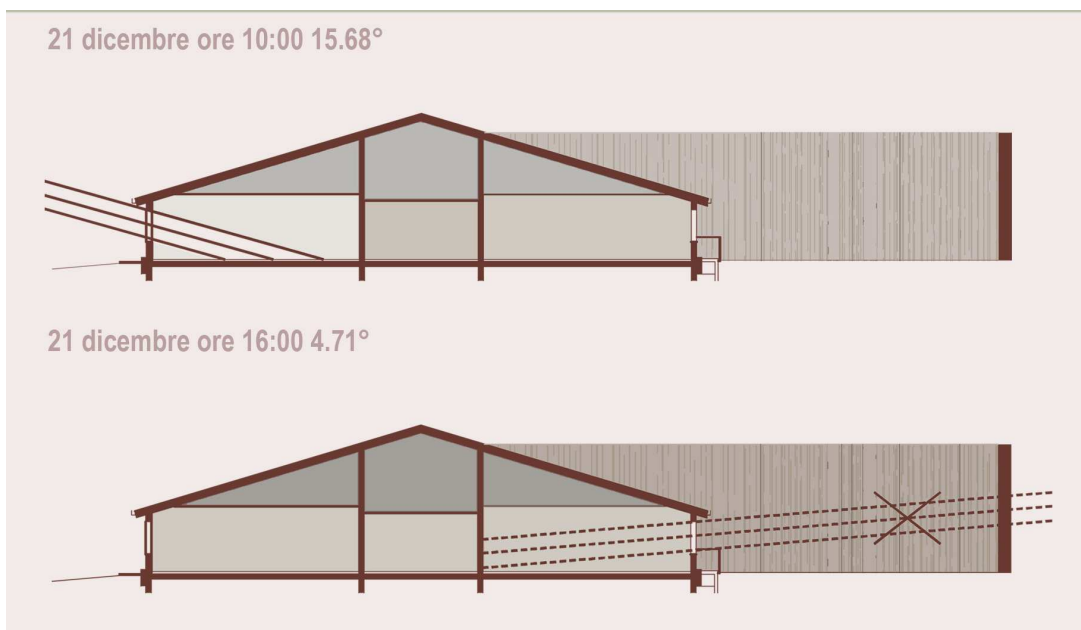
### *Il comfort luminoso e termico all'interno dell'aula*

Il raggiungimento del comfort ambientale interno è fondamentale in un ambiente scolastico, luogo in cui i bambini trascorrono gran parte della loro infanzia. Esso avviene attraverso il controllo, in fase di progettazione, di alcuni parametri, quali la temperatura interna, il clima acustico, il cromatismo, il comfort visivo percettivo. Quest'ultimo è determinato dalla corretta integrazione tra illuminazione naturale e artificiale; un uso non corretto dell'illuminazione può creare fenomeni di abbagliamento o zone d'ombra, influenzando negativamente sull'attività svolta nell'ambiente.

L'insufficienza di luce naturale può essere causa dell'insorgenza di patologie e una illuminazione inadeguata può determinare la manifestazione di disturbi di diverso genere. Il benessere psichico e fisico dell'individuo dipende infatti dalla quantità e qualità di luce naturale in relazione alle attività svolte.

Una buona illuminazione, sia naturale che artificiale, risulta fondamentale per raggiungere elevati livelli di acuità visiva, velocità di lettura e sicurezza.

Sin dal primo sopralluogo all'interno della scuola materna oggetto di tesi è risultata evidente l'assenza di comfort luminoso all'interno delle aule, specie quella rivolta ad ovest. Quest'ultima è infatti spesso in ombra a causa dell'elevato muro di contenimento adiacente e già nelle prime ore del pomeriggio risulta fortemente ombreggiata.

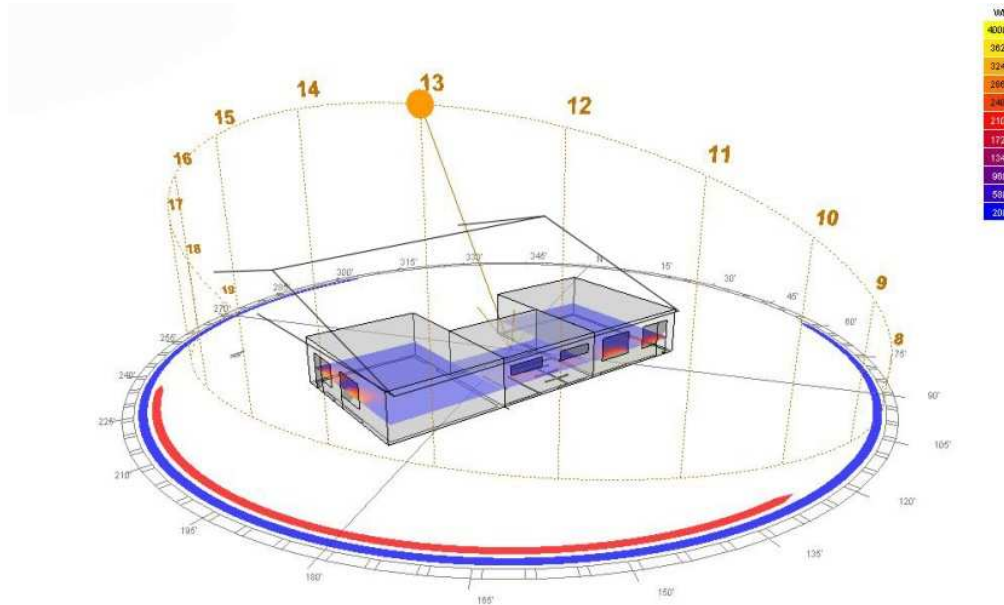


Il muro di contenimento determina un forte discomfort all'interno delle aule

In quest'ottica si è rivolta l'attenzione al comfort luminoso all'interno delle aule, collocate in parte con affaccio sud-est, in parte rivolte ad ovest, quindi in modo totalmente indifferenziato rispetto all'orientamento solare ottimale.

Allo stato attuale il rapporto di illuminazione  $R_i$  non è affatto soddisfatto in quanto inferiore a  $1/8$ , valore minimo posto dalla normativa dell'Emilia Romagna.

Attraverso l'utilizzo del software Ecotect si è modellizzata una parte dell'edificio, in particolare le due sezioni che si affacciano sul fronte sud-est.



Simulazione dei lux all'interno della sezione della scuola materna esistente

Queste evidenziano un valore  $R_i=0,054 < 1/8$  e un valore  $\text{lux}_{\text{medio}} = 164$ . Il parametro di riferimento nel controllo dell'illuminazione naturale è il fattore medio di luce diurna; esso è fissato sia dal D.M. del 18.12.1975, sia dalla UNI EN 12464-1/2004 (Illuminazione dei posti di lavoro) e corrisponde ad un valore di almeno 300 lux per le aule gioco e dei lavori manuali negli asili nido e nelle scuole dell'infanzia.

Risulta quindi evidente come tale valore non sia rispettato.

Queste valutazioni hanno determinato la scelta di intervenire sul fronte sud-est attraverso strategie successive, al fine di migliorare la vivibilità degli spazi da parte dei piccoli fruitori.

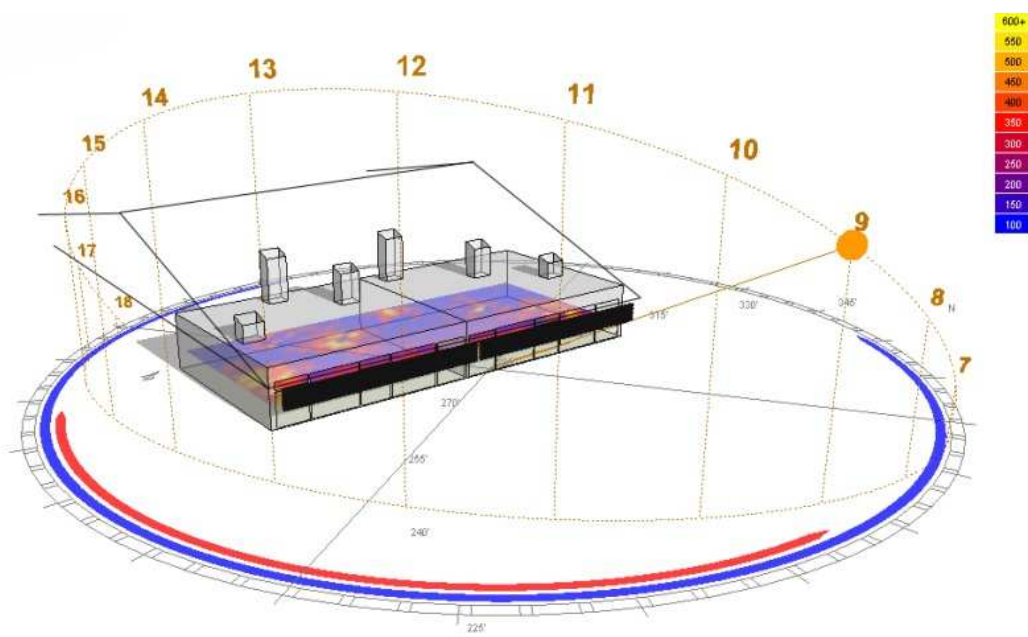
La strategia adottata prevede in primo luogo una riorganizzazione delle sezioni esistenti con l'inserimento dei servizi all'interno delle stesse, come suggerito da normativa, ottenendo così anche un maggiore controllo da parte degli insegnanti.

Successivamente si è scelto di rimuovere i pannelli autoportanti del fronte sud-est e realizzare una facciata metallica leggera<sup>18</sup>, incrementando la superficie vetrata, e quindi l'ingresso di illuminazione naturale, favorendo inoltre un rapporto diretto con lo spazio verde di gioco esterno.

Il contributo della luce solare all'interno degli ambienti, in termini di comfort, richiede però l'attenta valutazione delle componenti termiche. Il controllo dell'immissione di radiazione solare ha determinato pertanto l'inserimento di schermature orientabili in grado di intercettare le radiazioni estive e favorire il guadagno termico invernale.

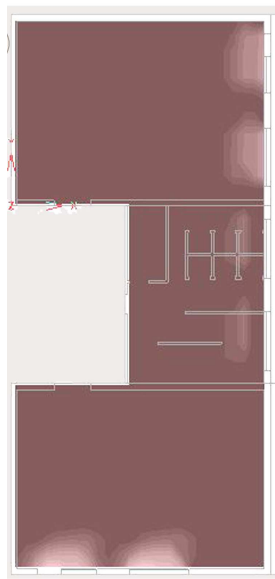
In questo caso il rapporto di illuminazione è sicuramente soddisfatto ma i lux sono ancora insufficienti. Per questo motivo si è scelto di inserire tre lucernai all'interno di ciascuna sezione, al fine di illuminare anche le zone maggiormente distanti dalla superficie vetrata.

Si è ottenuto così un valore **lux medio = 342**.

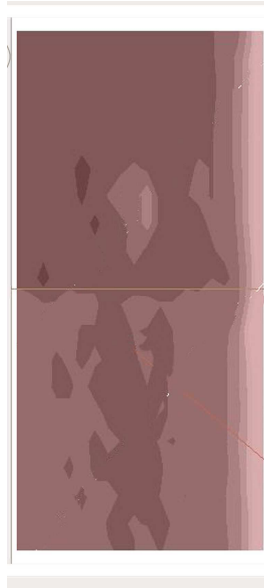


Simulazione finale dei lux all'interno delle sezioni di progetto

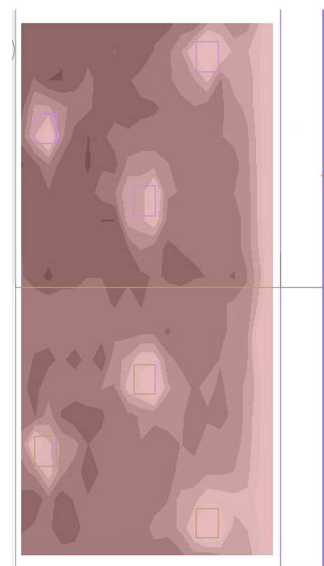
<sup>18</sup> Vedi capitolo 3, paragrafo 3.2



Fase 1



Fase 2



Fase 3

#### Analisi dei lux

Fase1: stato di fatto	lux medio=164<luxmin=300	discomfort
Fase2: facciata leggera	lux medio=279<luxmin=300	discomfort
Fase3: inserimento di uernai	lux medio=342>luxmin=300	comfort

Infine sono stati messi in relazione i risultati raggiunti attraverso i diversi interventi in termini di lux e surriscaldamento per verificare i vantaggi derivanti dagli interventi proposti.

Si è ottenuto un incremento finale di lux del 52%, prestando comunque attenzione nell'evitare il surriscaldamento estivo.

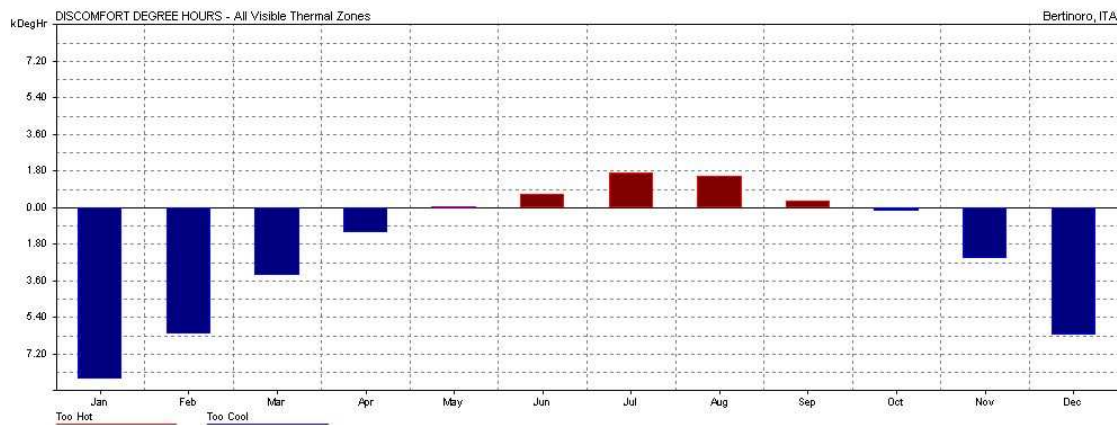


Nell'obiettivo di raggiungere elevati livelli di qualità interna delle sezioni, in termini di comfort luminoso e termico, si è scelto di analizzare le condizioni ambientali degli spazi, al fine di individuare le principali strategie per il miglioramento dei risultati.

Poiché le precedenti analisi in merito al comfort luminoso hanno determinato esiti negativi, risulta quindi necessario soffermarsi sul tema del benessere termico, condizione fondamentale all'interno di una scuola.

In particolare, si è modellizzato il comfort termico interno di un'aula della scuola esistente attraverso il software Ecotect; quest'ultimo non tiene in considerazione il ruolo dell'impianto presente, ma attraverso l'analisi degli scambi termici individuo-ambiente analizza il comportamento del solo involucro (una volta inserite le trasmittanze dei componenti) e individua la temperatura interna raggiunta in determinati periodi dell'anno.

Da una prima analisi dello stato di fatto risulta evidente la condizione di discomfort esistente; il grafico sottostante mostra una situazione fortemente svantaggiosa nei mesi invernali, durante i quali è necessario incrementare gli apporti.

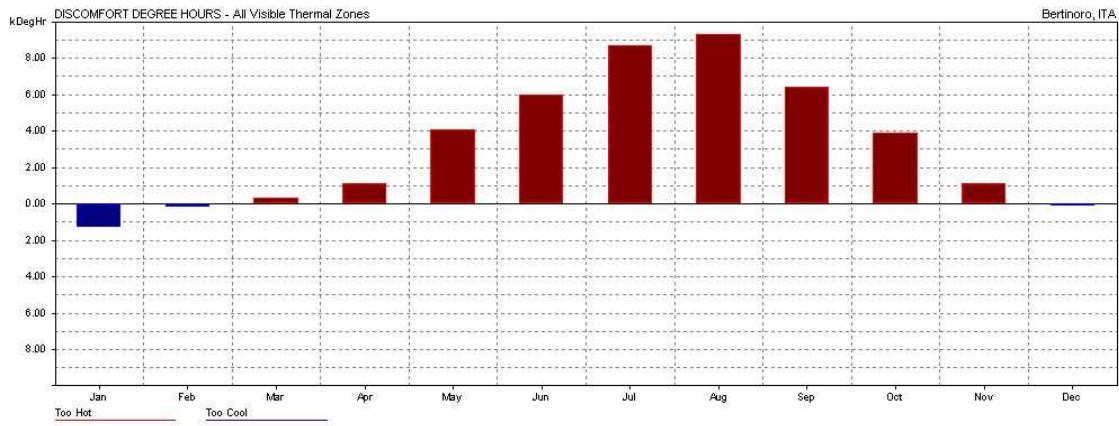


Simulazione di un'aula dello stato di fatto. Rapporto tra le ore di discomfort e i gradi ora interni

A tale proposito il nostro intervento si è orientato nella direzione di apertura del fronte sud-est (sul quale si affacciano le nuove aule) attraverso una facciata fortemente vetrata.

A tale proposito è stata fatta una seconda simulazione, relativa all'intervento sul fronte.

## Percorsi di sostenibilità

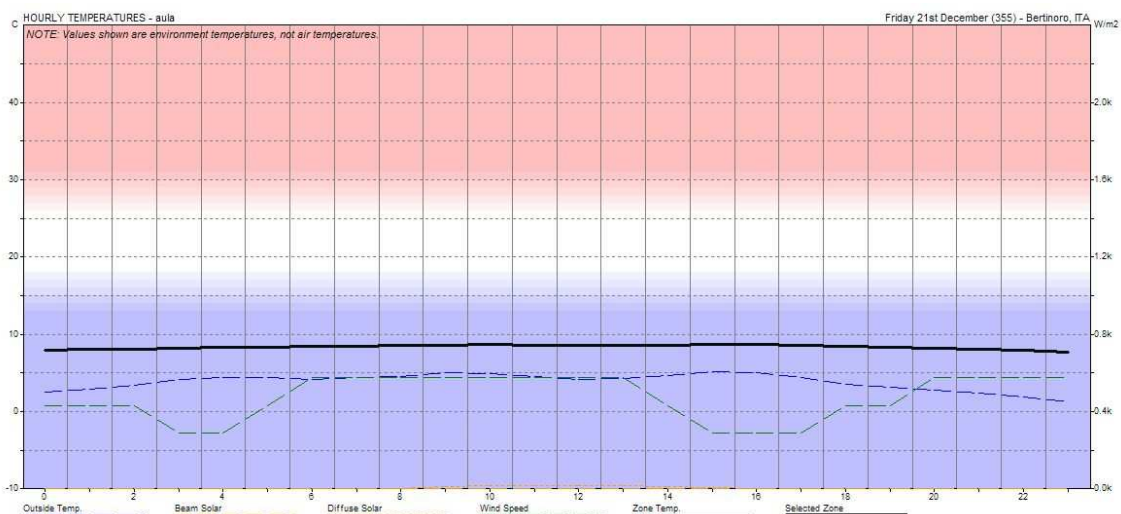


Simulazione di un'aula dello stato di progetto.

I risultati mostrano un forte miglioramento, in termini di comfort, nel periodo invernale, ma evidenziano un eccessivo surriscaldamento degli ambienti nel periodo estivo. L'incremento della superficie vetrata determina infatti una situazione di forte discomfort nei mesi di luglio e agosto.

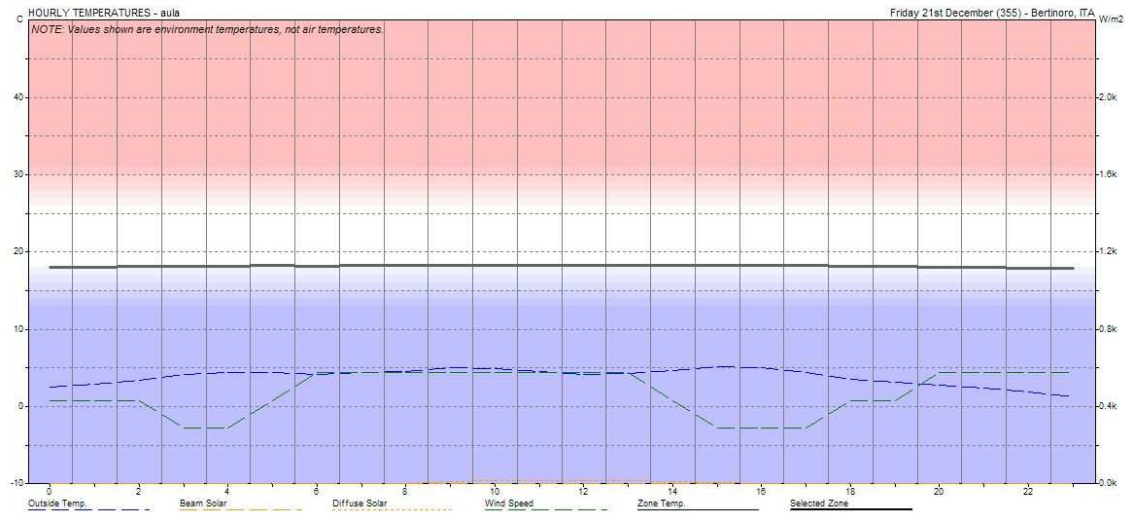
Al fine di migliorare tali risultati si è così scelto di introdurre un sistema fisso di schermatura del fronte attraverso pale frangisole metalliche, come descritto in precedenza. In tal modo si riduce il surriscaldamento estivo, pur garantendo gli apporti invernali necessari.

Ipotizzando che non sia presente l'impianto all'interno dell'edificio, il software mostra come la sola inerzia termica dell'involucro il 21 dicembre ci consenta di mantenere una temperatura interna di 9°.



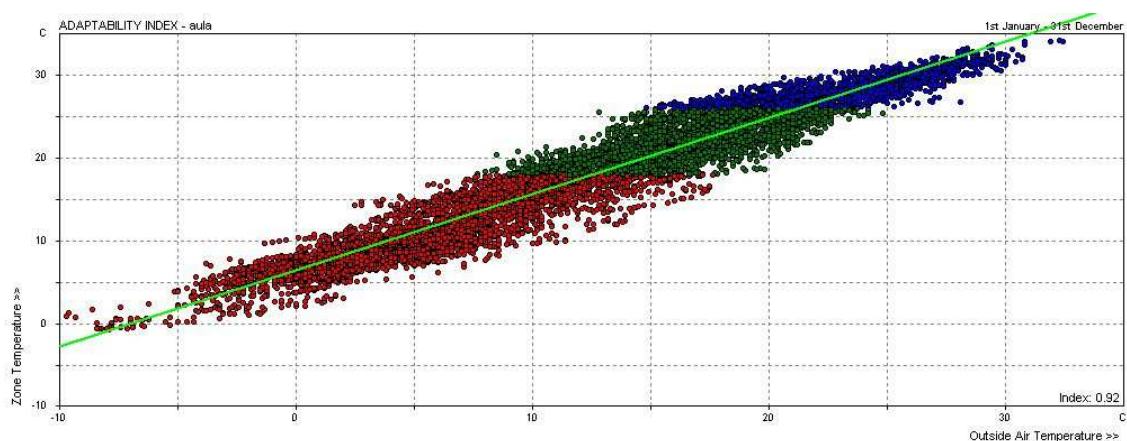
Simulazione di un'aula dello stato di fatto. Rapporo tra la temperatura esterna all'aula e quella interna

Nello stato di progetto tale condizione è migliorata, al punto da raggiungere la fascia di comfort ( $18^{\circ}$ - $26^{\circ}$ )



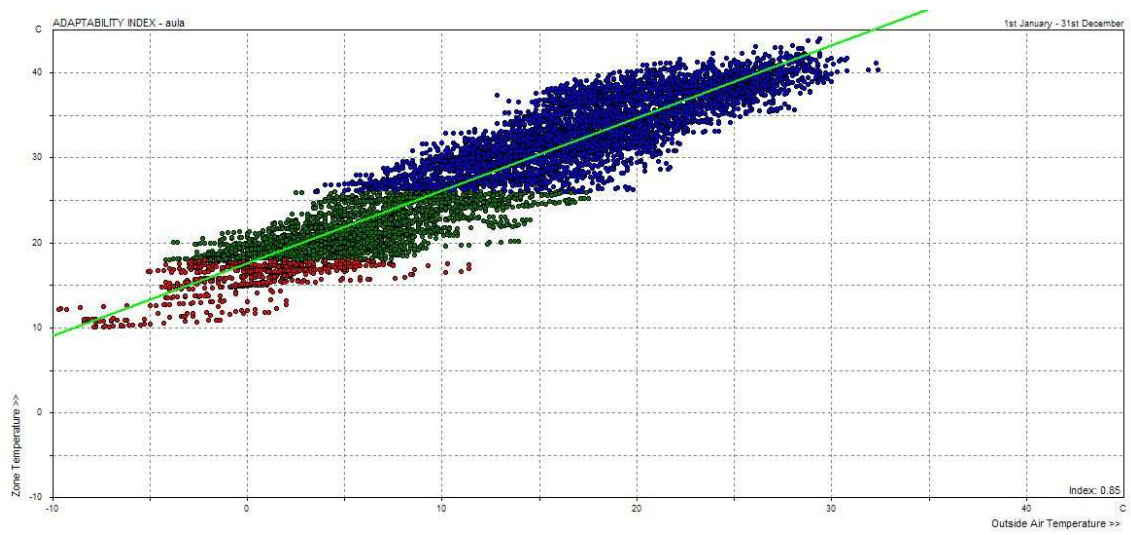
Simulazione di un'aula dello stato di progetto.

Infine, l'indice di adattabilità mostra la relazione tra la temperatura interna percepita e quella esterna. In particolare, nello stato di fatto si evidenzia un notevole scarto tra gli estremi "caldo" e "freddo" e ciò comporta inevitabilmente una situazione di discomfort causata dagli sbalzi di temperatura. Il raffronto con lo stato di progetto mostra una riduzione di tale scarto e quindi una minore discontinuità percettiva.



Simulazione di un'aula dello stato di fatto. Rapporo tra la temperatura esterna e quella interna percepita

## Percorsi di sostenibilità



Simulazione di un'aula dello stato di progetto.

## 5.2 Il progetto: ipotesi A

La progettazione dell'efficienza energetica concorre a determinare la qualità di un edificio, attraverso scelte progettuali che tengono conto dello stretto rapporto tra tecnologia e ambiente, benessere e salute.

Per la modellazione e il calcolo del fabbisogno energetico del un nuovo asilo nido e la nuova scuola per l'infanzia è stato impiegato il software Epix2 della LogicalSoft.

L'obiettivo della tesi è la progettazione di un'architettura sostenibile certificata in *Classe A* rispetto alla DAL 156/2008 della Regione Emilia-Romagna e grazie alla valutazione del comportamento energetico dell'edificio e al rilascio dell'attestato di certificazione da parte del software risulta evidente il raggiungimento dell'obiettivo.

I nuovi edifici progettati rivelano infatti un fabbisogno energetico pari a 7,39 kWh/m<sup>3</sup>anno.

*Dati geometrici*

Il primo passo per la certificazione energetica prevede la conoscenza dei principali dati di carattere generale del luogo di intervento (località, zona climatica) e del progetto (anno di costruzione, destinazione d'uso).

Inseriti tali dati all'interno del software e individuate per punti le zone termiche di riferimento è stato possibile determinare i primi dati geometrici:

*Volume lordo riscaldato: 4.626 m<sup>3</sup>*

*Superficie utile riscaldata: 1.234 m<sup>2</sup>*

*Superficie disperdente: 4.440 m<sup>2</sup>*

*S/V = 0,96*

Il rapporto di forma ideale  $S/V=0,6$  non rispecchia in questo caso le caratteristiche dell'edificio oggetto di progettazione; questo comporta un punto di partenza fortemente sfavorevole nel perseguire l'obiettivo preposto. Questa prima informazione determina però la possibilità di intervenire sulle prestazioni dei singoli componenti e sul rendimento impiantistico, al fine di ridurre il consumo energetico dell'edificio.

*Caratteristiche architettoniche e costruttive*

Entrambi realizzati su un unico piano fuori terra, la nuova scuola materna e il nuovo nido rientrano all'interno della collocazione "E.7 : attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili", secondo il DPR 412/1993 e DAL 156/2008.

Si è deciso di modellizzare gli edifici come due zone termiche distinte, dove gli ambienti interni si caratterizzano per un'altezza media pari a 3 metri.

La duplice struttura portante in pannelli xlam e pilastri in acciaio racchiude gli spazi delle sezioni e caratterizza gli elementi di chiusura esterna verticali. Il fronte sud delle aule è una facciata leggera con montanti e traversi in acciaio, in cui si alternano partizioni opache e trasparenti.

Per quanto riguarda la copertura è stata invece adottata un rivestimento in lamiera per gli ambienti dell'aula e una vegetazione estensiva per le restanti parti, mentre nel solaio contro terra cupolex determinano un solaio aerato disperdente verso il terreno.

Le due strutture dispongono di un impianto autonomo, in cui il generatore determina la produzione di acqua calda sanitaria separata dal riscaldamento; i terminali di erogazione impiegati sono pannelli a parete a bassa inerzia termica, mentre il generatore di calore è costituito da una pompa elettrica (COP=3,46).

*Caratteristiche termo fisiche dei componenti edilizi*

Il software individua cinque categorie di componenti dell'involucro: muri, pavimenti, soffitti, finestre, ponti termici. In seguito all'inserimento dell'edificio nel software attraverso un input grafico sono state definite le stratigrafie dei componenti edilizi, al fine di individuarne il valore U di trasmittanza.

In particolare, per quanto riguarda la facciata leggera il software non consentiva di inserirla come tale, perciò ho calcolato, mediante la formula:

$$U_{cw} = (\sum A_g \times U_g + \sum A_p \times U_p + \sum A_{tj} \times U_{tj}) / (\sum A_g + \sum A_p + \sum A_{tj})$$

dove:  $A_g$  e  $U_g$  sono rispettivamente l'area e la trasmittanza della superficie vetrata

$A_p$  e  $U_p$  sono rispettivamente l'area e la trasmittanza delle porzioni opache

$A_{tj}$  e  $U_{tj}$  sono rispettivamente l'area e la trasmittanza dei montanti, traversi in acciaio e telai dei serramenti apribili

Ottenuto il valore complessivo di trasmittanza dell'intera facciata, sia per la materna che per il nido, ho realizzato in Termolog una finestra a cui ho assegnato i valori di  $U_{cw}$  trovati con le dimensioni dell'intera facciata e l'indicazione delle parti opache.

Relativamente alla parte impiantistica l'ALLEGATO G mostra i principali dati relativi alla pompa di calore inserita, mentre il sistema di distribuzione ha un rendimento pari a 0,96.

I componenti edilizi individuati:

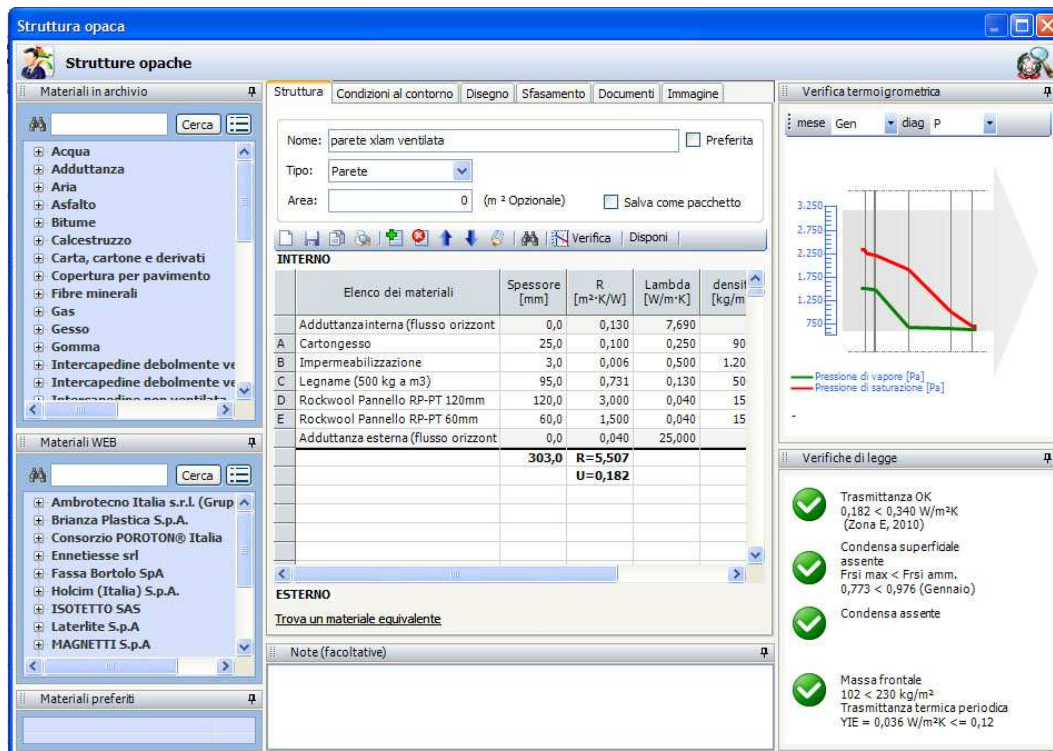


## CHIUSURE VERTICALI ESTERNE - PARETE XLAM

(300 mm, dispersione verso esterno):

- cartongesso (12,5+12,5 mm)
- intercapedine coibentata per passaggio cavi (30 mm)
- barriera al vapore (1,5 mm)
- struttura portante a setti in legno xlam( 105 mm)
- isolante in fibra di legno (120+60 mm)
- facciata ventilata con doppia orditura metallica e rivestimento in gres

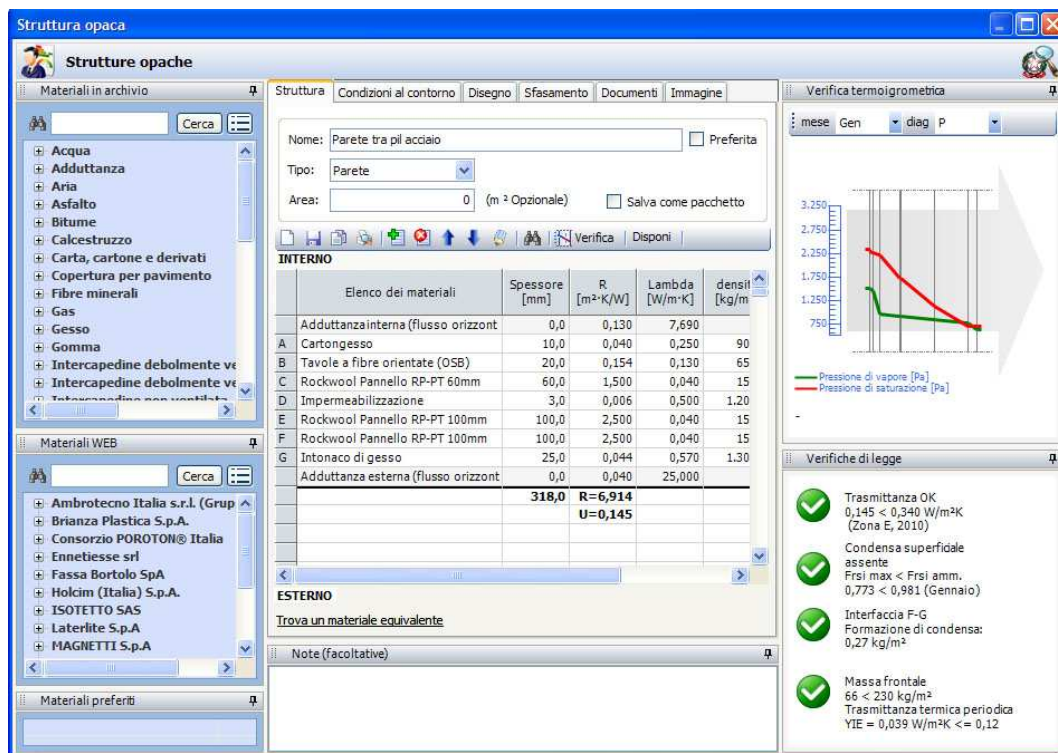
$U=0,182 \text{ W/m}^2\text{K}$



## CHIUSURE VERTICALI ESTERNE - FACCIATA LEGGERA

(318 mm, dispersione verso esterno):

- cartongesso (10 mm)
- tavole a fibre orientate (20 mm)
- isolante in fibra di legno (60 mm)
- guaina impermeabilizzante (3 mm)
- isolante in fibra di legno (100+100 mm)
- intonaco do gesso (25 mm)



## CHIUSURE ORIZZONTALI – SOAIO DI COPERTURA

### ➤ Copertura verde

(400 mm, dispersione verso esterno):

- solaio in legno xlam (12,5 cm)
- barriera al vapore (1,5 mm)
- isolante in fibra di legno (80+80mm)
- guaina impermeabilizzante (1,5 mm)
- barriera antiradice (3 mm)
- sistema drenante (60+20 mm)
- drenaggio perimetrale in ghiaia
- terreno e manto erboso estensivo (90 mm)

**Struttura opaca**

Strutture opache

Materiali in archivio

Materiali WEB

Materiali preferiti

Struttura Condizioni al contorno Disegno Sfasamento Documenti Immagine

Nome: copertura piana verde

Tipo: Copertura Disposizione: Orizzontale

Area: 0 (m<sup>2</sup> Opzionale) Salva come pacchetto

INTERNO

Elenco dei materiali	Spessore [mm]	R [m <sup>2</sup> ·K/W]	Lambda [W/m·K]	densità [kg/m <sup>3</sup> ]
Adduttanza interna (flusso verticale)	0,0	0,100	10,000	
A Legname (500 kg a m <sup>3</sup> )	125,0	0,962	0,130	50
B Impermeabilizzazione	1,5	0,003	0,500	1.20
C Rockwool Cosmos B 80mm	80,0	2,286	0,035	12
D Rockwool Cosmos B 80mm	80,0	2,286	0,035	12
E Impermeabilizzazione	1,5	0,003	0,500	1.20
F Impermeabilizzazione	1,5	0,003	0,500	1.20
G Sabbia e ghiaia (1700 kg a m <sup>3</sup> )	20,0	0,010	2,000	1.70
H Impermeabilizzazione	1,5	0,003	0,500	1.20
I Creta o argilla (1800 kg a m <sup>3</sup> )	90,0	0,060	1,500	1.20
Adduttanza esterna (flusso vertical)	0,0	0,040	25,000	
<b>Totale</b>	<b>401,0</b>	<b>R=5,755</b>		
		<b>U=0,174</b>		

ESTERNO

Trova un materiale equivalente

Note (facoltative)

Verifica termoisolante

Verifica di legge

Trasmittanza OK  
0,174 < 0,300 W/m<sup>2</sup>K  
(Zona E, 2010)

Condensa superficiale assente  
Frsti max < Frsti amm.  
0,773 < 0,977 (Gennaio)

Interfaccia F-G  
Formazione di condensa:  
0,12 kg/m<sup>2</sup>

Massa frontale  
231 >= 230 kg/m<sup>2</sup>  
Trasmittanza termica periodica  
YIE = 0,020 W/m<sup>2</sup>K <= 0,2

➤ Copertura fredda

(335 mm, dispersione verso esterno):

- controsoffitto con ancoraggio ad orditura metallica
- struttura portante in acciaio
- doppio tavolato incrociato (20+20 mm)
- barriera al vapore (1,5 mm)
- isolante in fibra di legno (200+200 mm)
- guaina impermeabilizzante
- intercapedine ventilata (50 mm)
- doppio tavolato (20+20 mm)
- guaina impermeabilizzante (1,5 mm)
- copertura in lamiera ondulata zincata

**Struttura opaca**

Strutture opache

Materiali in archivio

Cerca

Acqua

Adduttanza

Aria

Asfalto

Bitume

Calcestruzzo

Carta, cartone e derivati

Copertura per pavimento

Fibre minerali

Gas

Gesso

Gomma

Intercapedine debolmente ventilata

Intercapedine non ventilata

Materiali WEB

Cerca

Ambrotenco Italia s.r.l. (Gruppo)

Brianza Plastica S.p.A.

Consorzio POROTON® Italia

Ennettesse srl

Fassa Bortolo SpA

Holcim (Italia) S.p.A.

ISOTETTO SAS

Laterlite S.p.A.

MAGNETTI S.p.A.

Materiali preferiti

Struttura

Condizioni al contorno

Disegno

Sfasamento

Documenti

Immagine

Nome: copertura falda

Tipo: Copertura

Disposizione: Orizzontale

Area: 0 (m² Opzionale)

Salva come pacchetto

INTERNO

Elenco dei materiali	Spessore [mm]	R [m²·K/W]	Lambda [W/m·K]	densità [kg/m³]
Adduttanza interna (flusso verticale)	0,0	0,100	10,000	
A Tavole a fibre orientate (OSB)	40,0	0,308	0,130	65
B Impermeabilizzazione	1,5	0,003	0,500	1.20
C Rockwool Pannello RP-PT 100mm	100,0	2,500	0,040	15
D Rockwool Pannello RP-PT 100mm	100,0	2,500	0,040	15
E Impermeabilizzazione	1,5	0,003	0,500	1.20
F Aria 50 mm (flusso orizzontale, ape)	50,0	0,179	0,280	
G Tavole a fibre orientate (OSB)	40,0	0,308	0,130	65
H Impermeabilizzazione	1,5	0,003	0,500	1.20
I Zinco	0,6	0,000	110,000	7.20
Adduttanza esterna (flusso vertical)	0,0	0,040	25,000	
	<b>335,1</b>	<b>R=5,943</b>		
		<b>U=0,168</b>		

ESTERNO

Trova un materiale equivalente

Note (facoltative)

Verifica termoisometrica

mese Gen

diag P

Pressione di vapore [Pa]

Pressione di saturazione [Pa]

Verifiche di legge

Trasmissione OK

0,168 < 0,300 W/m²K (Zona E, 2010)

Condensa superficiale assente

Frsti max < Frsti amm, 0,773 < 0,978 (Gennaio)

Interfaccia D-E

Condensa eccessiva: 1,95 > 0,50 kg/m²

Massa frontale

93 < 230 kg/m²

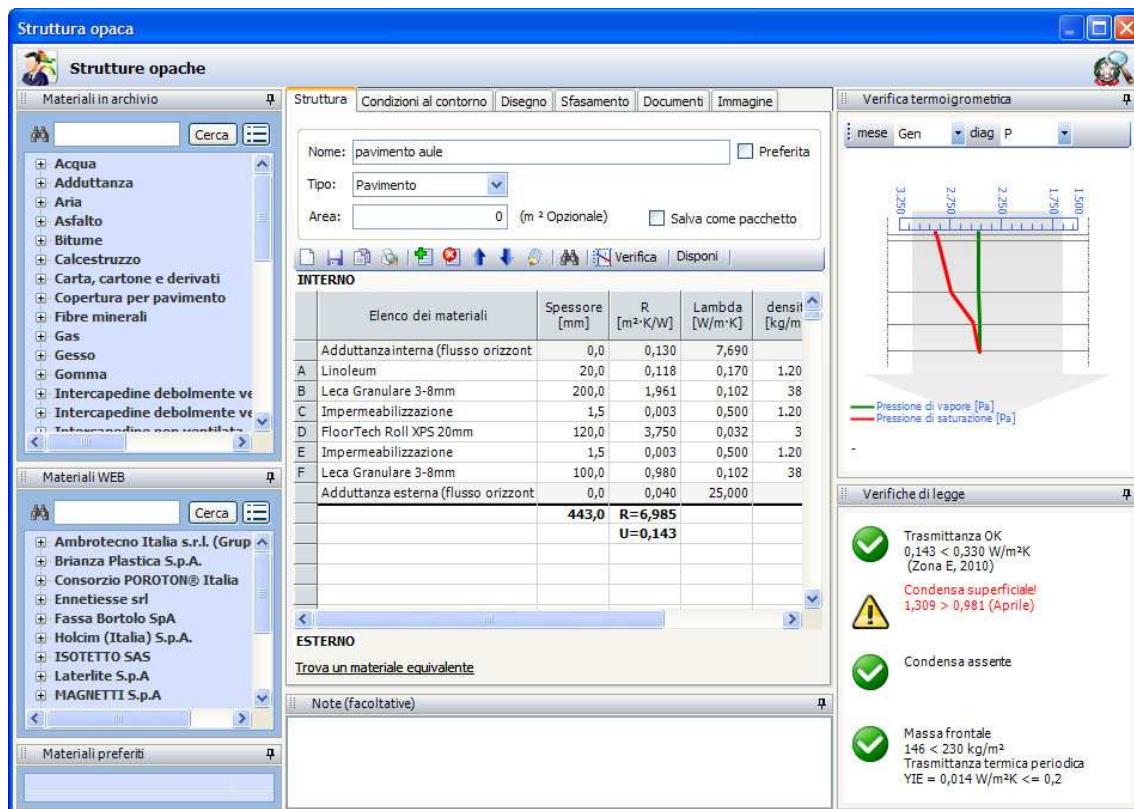
Trasmissione termica periodica

YIE = 0,054 W/m²K ≤ 0,2

## CHIUSURE ORIZZONTALI – SOAIO CONTROTERRA

(443 mm, dispersione verso vespaio aerato):

- pavimento in linoleum (20 mm)
- massetto alleggerito per passaggio impianti (100 mm)
- massetto con rete elettrosaldata ( 100 mm)
- guaina (1,5 mm)
- isolante xps (80+40 mm)
- guaina impermeabilizzante (1,5 mm)
- solaio aerato con cupolex
- fondazione a platea



## ELEMENTI TRASPARENTI

- vetro doppio 4-15-4 (con gas argon) con telaio metallico a taglio termico e vetro doppio con rivestimento basso emissivo

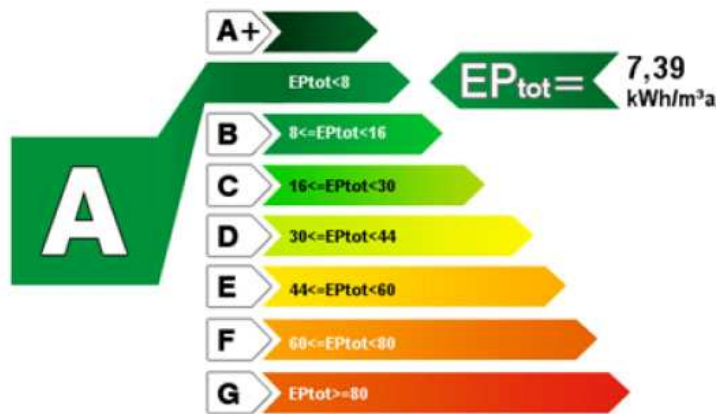


### *Risultati della simulazione del comportamento energetico*

Attraverso il rilascio dell' attestato di certificazione si evidenziano la classe energetica dell'edificio e gli indici di prestazione energetica totale ( $EP_{tot}$ ), relativi alla climatizzazione invernale ( $EP_{inv}$ ) e alla produzione di acqua calda sanitaria ( $EP_{acs}$ ).

I principali risultati energetici relativi allo stato di fatto:

- $EP_{tot} = 7.39 \text{ KWh/m}^3\text{a}$
- *Classe energetica: A*
- $EP_{inv} = 3,88 \text{ KWh/m}^3\text{a} < EP_{inv \text{ lim}} = 16,86 \text{ KWh/m}^3\text{a}$
- $EP_{acs} = 3,5 \text{ KWh/m}^3\text{a} > EP_{acs \text{ lim}} = 2,12 \text{ KWh/m}^3\text{a}$
- *Fabbisogno energia termica utile (regime invernale): 25.384 KWh/anno*
- *Fabbisogno energia termica (regime estivo): 17.467 KWh/anno*
- *Fabbisogno energia termica utile per la produzione di acs: 17.647 KWh/anno*



Il risultato ottenuto consente l'inserimento dell'edificio all'interno della classe energetica A. Tuttavia si è scelto di introdurre una fonte rinnovabile quale il solare termico, combinato per la produzione di acqua calda sanitaria e riscaldamento, al fine di ridurre ulteriormente il fabbisogno termico.

I relativi dati, noti in seguito alla consultazione di un depliant tecnico (collettore solare VK 25), sono stati inseriti all'interno del software. La tipologia dell'impianto, un generatore a gas ad accumulo per sola produzione di acqua calda sanitaria, ha un rendimento pari a 0,75 ed è di tipo C senza pilota. Inserito il valore della potenza assorbita dalle pompe di circolazione, il software elabora la percentuale di copertura del fabbisogno annuo per la produzione di ACS da fonte rinnovabile.

L'indice  $EP$  è stato così ridotto del 36%, ottenendo un risultato finale pari a  $4,75 \text{ KWh/m}^3\text{a}$ .

### *Il comfort luminoso e termico all'interno dell'aula*

L'impiego della luce naturale come componente di progetto è da ritenersi di primaria importanza nella realizzazione di tutti gli edifici scolastici.

Nel caso delle scuole per l'infanzia essa assume un ruolo di ulteriore importanza: oltre ad essere necessaria per raggiungere livelli di confort visivo all'interno degli ambienti, essa contribuisce, con le sue variazioni di intensità, a stimolare la percezione del bambino.

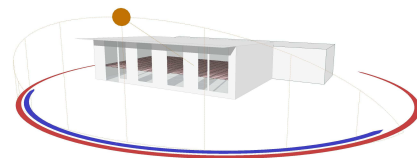
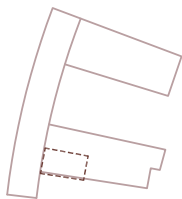
La qualità percettiva della luce naturale è nettamente superiore alla qualità ottenibile con le lampade artificiali, ed è per questo motivo che è necessario prevedere sistemi che apportino il maggior quantitativo di luce naturale possibile all'interno degli ambienti.

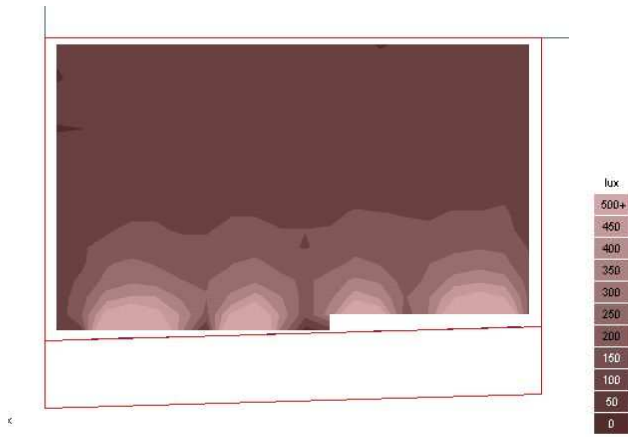
Il DM del 18.12.75 prevede che all'interno delle aule sia della scuola materna, sia degli asili nido, sia verificato un valore di illuminamento medio di almeno 300 lux in grado di garantire il confort luminoso.

La ricerca dell'orientamento ottimale, la scelta di affacciare le sezioni di entrambe le scuole a sud e l'ulteriore decisione di realizzare un fronte con ampie vetrate sono stati i primi passi progettuali verso il raggiungimento di questo obiettivo (fase 1).

Attraverso l'utilizzo del software Ecotect ho analizzato il comportamento luminoso all'interno di un'aula della scuola materna.

Prevedendo un aggetto della copertura in grado di proteggere l'ambiente dal surriscaldamento interno nei mesi più caldi, ho verificato come il livello di lux all'interno non fosse sufficiente.



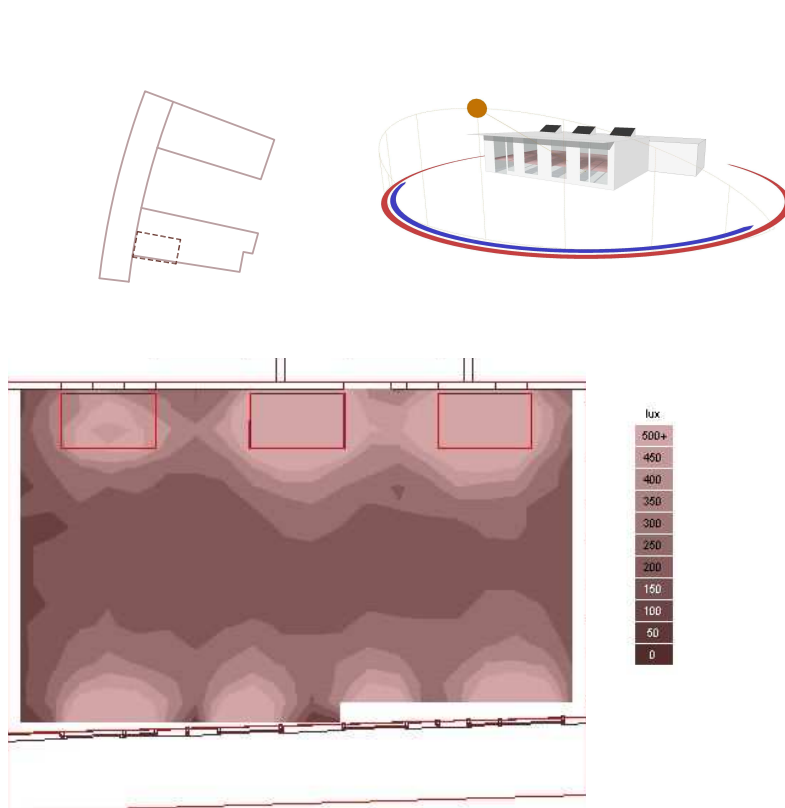


Fase 1: valore medio = 198 lux

La sola esposizione a sud dell'aula, oltre a non garantire il raggiungimento degli standard di confort, non garantisce nemmeno un illuminamento diffuso in modo omogeneo per la profondità dell'ambiente.

A questo proposito ho cercato una soluzione che mi consentisse di ottenere apporti luminosi da un'altra direzione; ho così deciso di realizzare degli abbaini, rivolti a nord, per captare almeno una luce di tipo diffuso.

In base all'orditura strutturale della copertura, ho dotato ciascuna sezione di 3 abbaini con apertura di 1,8m x 0,7m (fase 2).



Fase 2: valore medio = 372 lux



Dall'elaborazione del software risulta evidente che in questa seconda fase si ottiene il raggiungimento di un adeguato confort luminoso e una distribuzione omogenea dell'illuminamento naturale in tutta la sezione.

In entrambe le fasi il dimensionamento delle componenti finestrate permette di soddisfare anche il rapporto  $R_i$  che essendo pari a 0,212 risulta superiore ai limiti imposti da normativa di 0,125.

### 5.3 Il progetto: ipotesi B

#### *Caratteristiche architettoniche e costruttive*

Le due strutture oggetto di tesi ospitano un totale di 150 bambini; in particolare, la scuola materna accoglie 120 infanti di età compresa tra i 3 e i 6 anni, mentre l'asilo nido è dimensionato per 30 bambini di età 0-3 anni.

La destinazione d'uso dell'edificio secondo il DPR 412/1993 e DAL 156/2008 è "E.7 : attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili".

Entrambi gli edifici sono realizzati su un unico livello, come suggerito da normativa, al fine di ottenere un maggiore controllo degli spazi da parte degli insegnanti; questa condizione agevola la caratterizzazione della zona termica, considerata come unica per ogni struttura e con un'altezza pari a 3 metri per tutti gli ambienti.

Tre tipologie di copertura caratterizzano gli edifici; in particolare gli spazi dell'unità pedagogica, dove i bambini trascorrono gran parte del tempo, presentano una situazione di comfort luminoso grazie a un doppio sistema di chiusura orizzontale. Il volume riscaldato ( $h=3$  m) è infatti isolato termicamente e puntualmente "bucato", nelle porzioni di aula maggiormente distanti dalle superfici vetrate, da lucernai collocati su una copertura fredda rivestita in lamiera.

Quest'ultima, sorretta da una trave reticolare, determina uno spazio intermedio che consente il passaggio di luce e aria nella parte sovrastante il volume caldo, evitando così il surriscaldamento dell'involucro dovuto alle elevate temperature che la lamiera può raggiungere nel periodo estivo. La presenza di lucernai consente inoltre la penetrazione di luce diffusa all'interno dell'aula, generando una piacevole sensazione negli utenti.

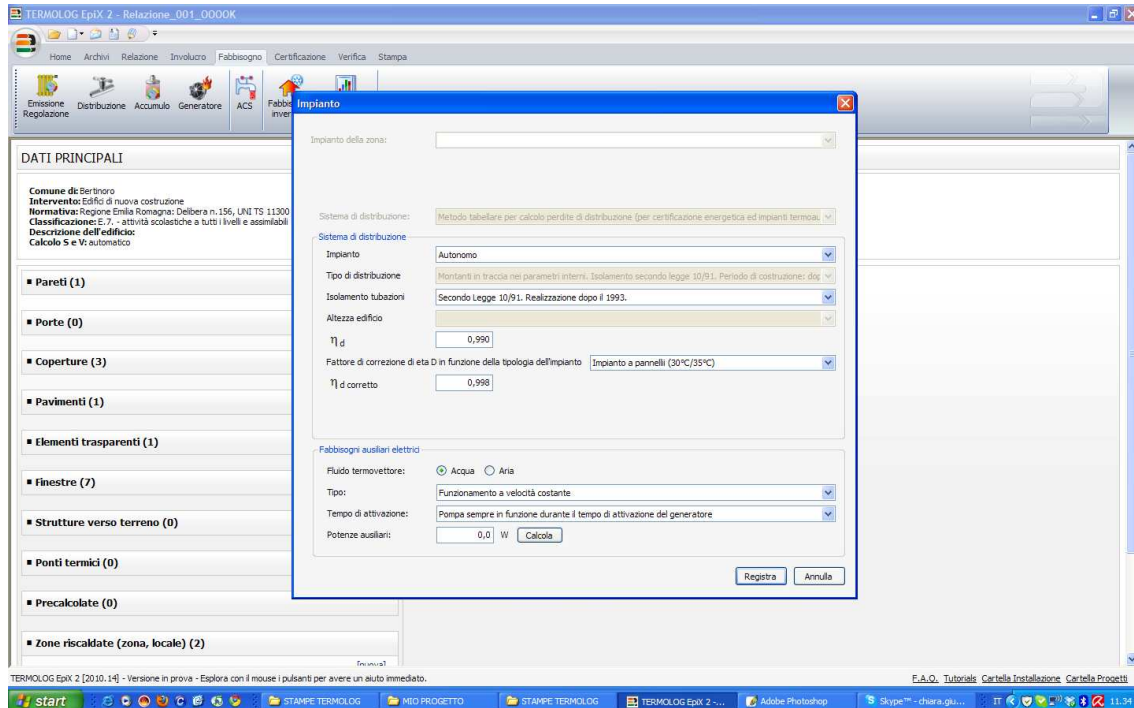
Gli spazi destinati ai dormitori, ai servizi e i restanti previsti da normativa si caratterizzano invece per la presenza di una copertura a verde estensivo, con spessore contenuto di terriccio, vegetazione autosufficiente e scarsa manutenzione.

Infine, gli spazi distributivi presentano una tradizionale copertura piana.

La struttura portante a secco in pannelli di legno massiccio a strati incrociati xlam caratterizza tutti gli elementi verticali, mentre cupolex in plastica riciclata per l'intercapedine costituiscono il cassero a perdere e contribuiscono al fono isolamento e all'impermeabilizzazione del solaio contro terra.

Dal punto di vista impiantistico le due strutture dispongono di un unico impianto autonomo, collocato all'interno di un vano tecnico della struttura dell'infanzia, in una posizione centrale rispetto all'intero complesso, per consentire una maggiore

distribuzione dei flussi. Un impianto a pannelli ( $30^{\circ}\text{C}$ - $35^{\circ}\text{C}$ ) caratterizza gli spazi; in particolare all'interno delle sezioni sono collocati pannelli a parete a bassa inerzia termica, con  $\eta=0,97$ . mentre il generatore di calore è costituito da una pompa elettrica (COP=3,44) che determina la produzione combinata per acqua calda sanitaria e riscaldamento.



*Caratteristiche termo fisiche dei componenti edilizi*

Successivamente all'inserimento dell'edificio nel software ne sono state definite le componenti termo fisiche. Per ciascuna categoria di componenti dell'involucro (muri, pavimenti, soffitti, finestre), sono stati inseriti i dati dimensionali dei singoli componenti delle stratigrafia e le relative dispersioni ( verso l'esterno, verso zone non riscaldate..), determinando così i valori U di trasmittanza.

Per quanto riguarda la compilazione dei dati relativi agli impianti sono stati scelti pannelli a parete sempre in funzione durante il tempo di attivazione del generatore, con una tipologia di regolazione "climatica + zona regolatore". L'ALLEGATO G mostra i principali dati relativi alla pompa di calore condensata ad aria reperita all'interno del catalogo AERMEC, in relazione alla potenza termica resa (dato fornito dal software).

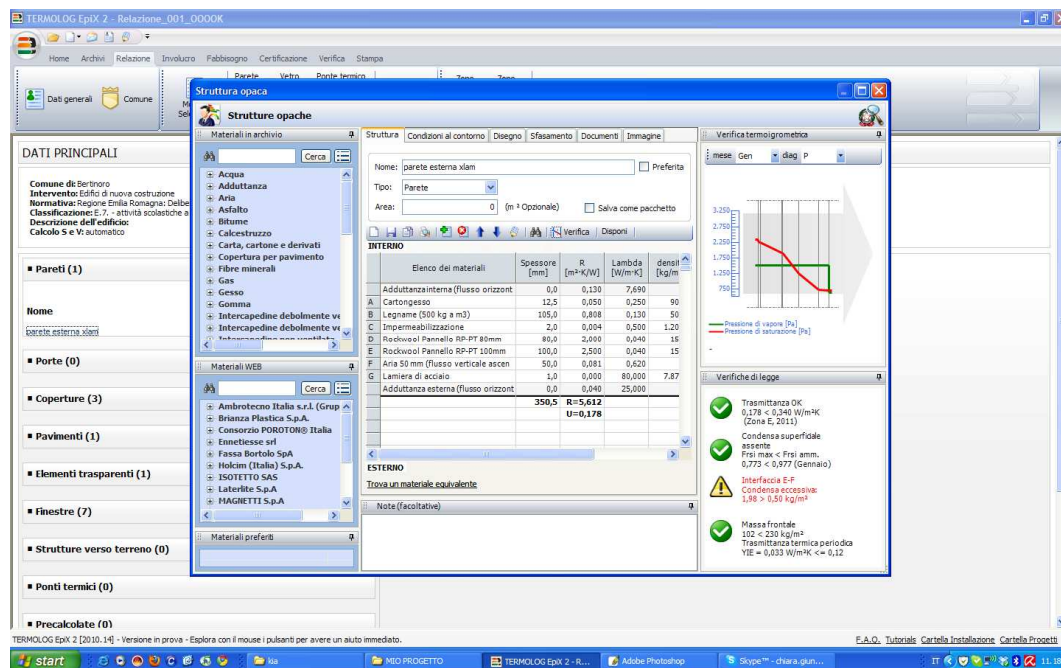
I componenti edilizi individuati sono stati suddivisi in chiusure verticali, orizzontali ed elementi trasparenti.

## CHIUSURE VERTICALI ESTERNE

(350 mm, dispersione verso esterno):

- cartongesso (15 mm)
- barriera al vapore (1,5 mm)
- pannelli xlam( 105 mm)
- isolante in fibra di legno (100+80 mm)
- camera d'aria (5 mm)
- rivestimento in lamiera (1 mm)

$$U=0,178 \text{ W/m}^2\text{K}$$

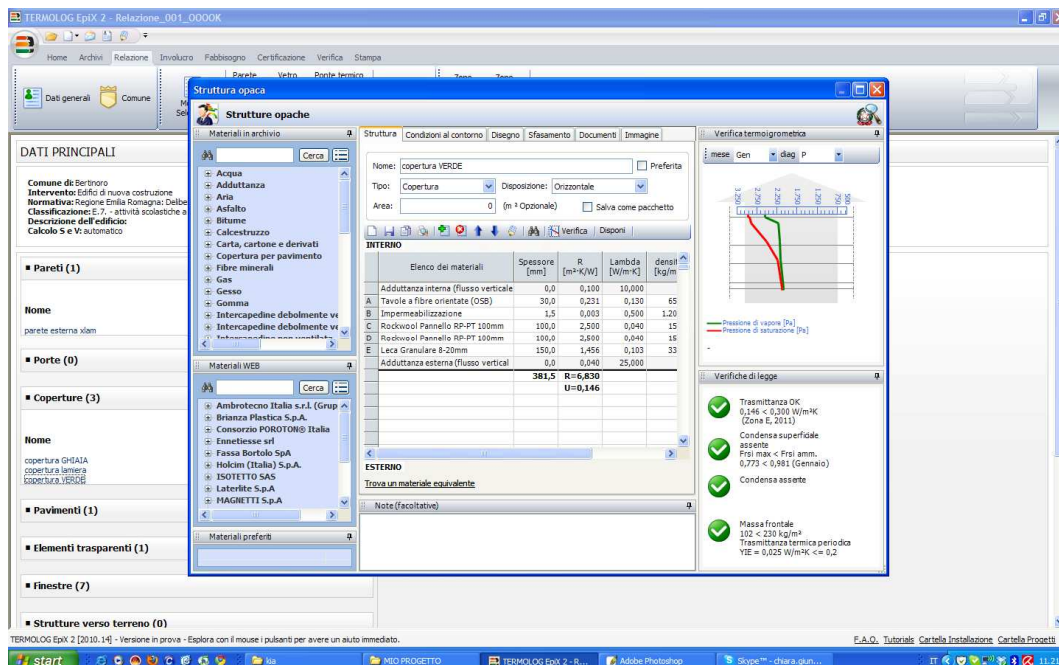


## CHIUSURE ORIZZONTALI – SOAIO DI COPERTURA

### ➤ Copertura verde

(380 mm, dispersione verso esterno):

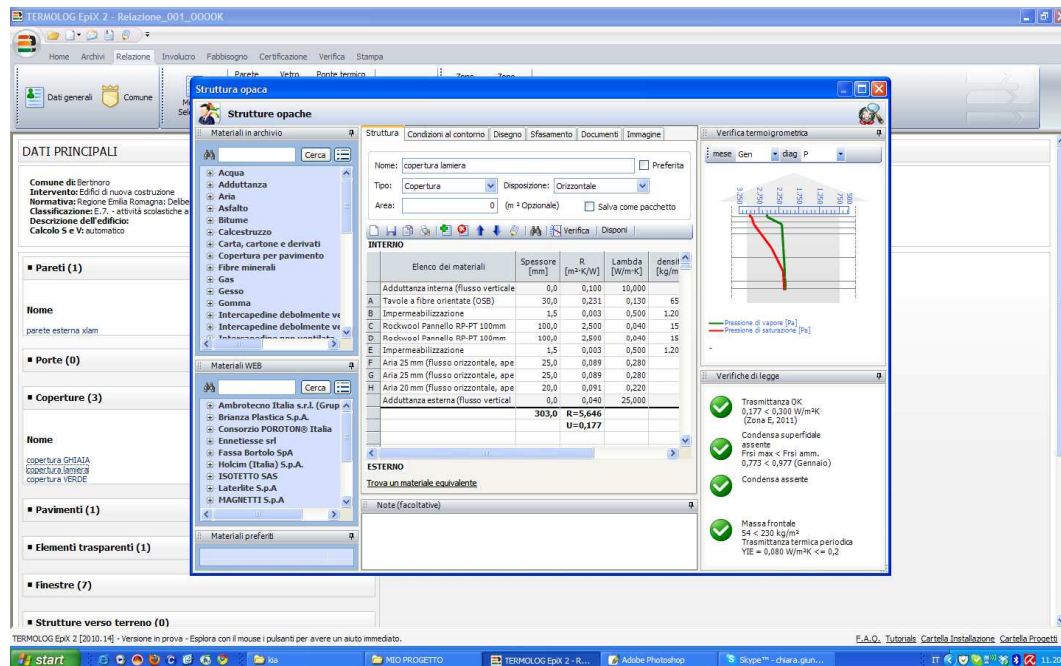
- struttura portante in legno con travi principali e secondarie in lamellare
- doppio tavolato incrociato (30 mm)
- strato impermeabilizzante (15 mm)
- isolante in fibre di legno (200 mm)
- strato antiradice
- strato drenante e filtrante
- substrato costituito da pietra pomice e terriccio
- manto di vegetazione



## Copertura fredda in lamiera

(300 mm, dispersione verso esterno):

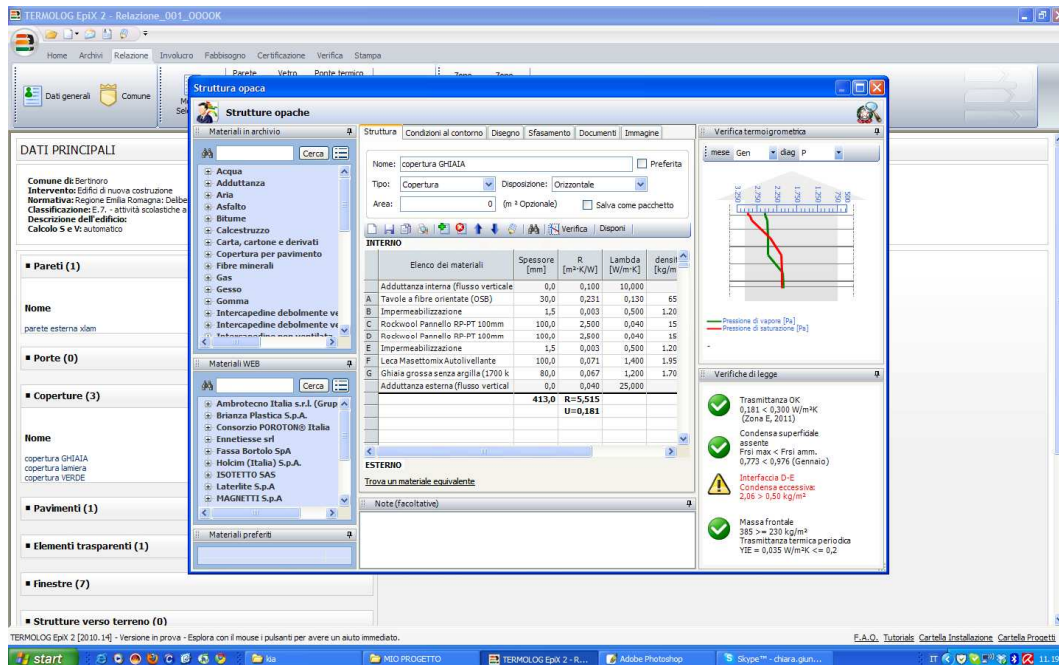
- doppio tavolato incrociato (30 mm)
- strato impermeabilizzante (15 mm)
- isolante in fibre di legno (200 mm)
- camera d'aria (70 mm)
- rivestimento in lamiera (1 mm)



➤ Copertura in ghiaia

(410 mm, dispersione verso esterno):

- doppio tavolato incrociato (30 mm)
- strato impermeabilizzante (15 mm)
- isolante in fibre di legno (200 mm)
- strato impermeabilizzante (15 mm)
- strato di pendenza (100 mm)
- strato di tenuta all'acqua (20 mm)
- strato di separazione: feltro sintetico
- strato di protezione: ghiaia lavata

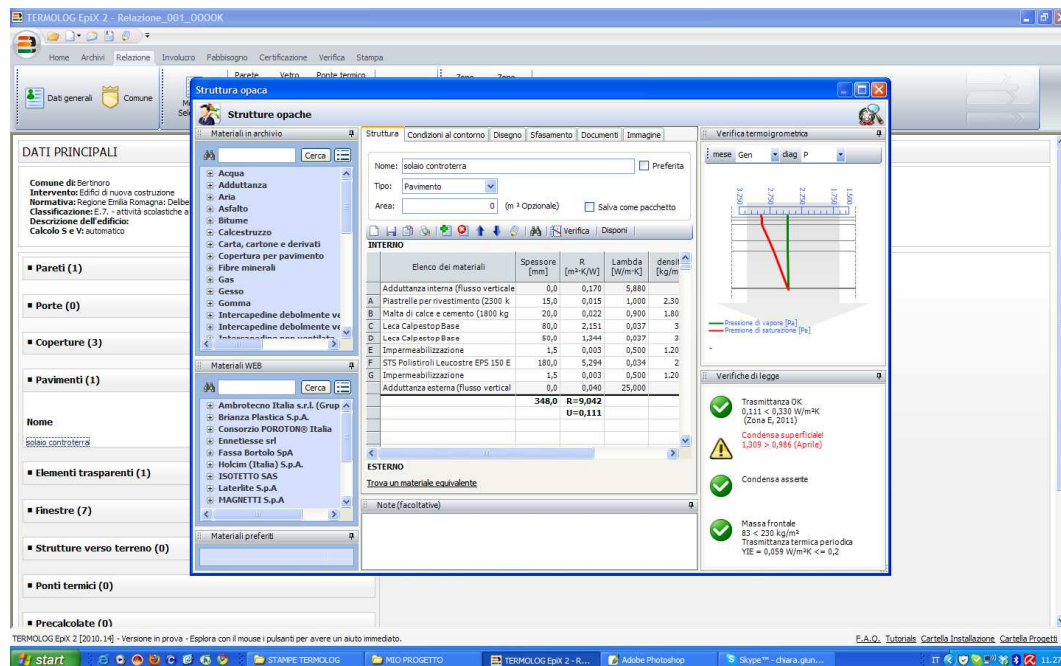




## CHIUSURE ORIZZONTALI – SOAIO CONTROTERRA

(350 mm, dispersione verso vespaio aerato):

- pavimentazione in linoleum (15 mm)
- malta di allettamento (20 mm)
- massetto alleggerito per il passaggio degli impianti (80 mm)
- massetto di ripartizione (50 mm)
- isolante termico EPS (80+100 mm)
- guaina impermeabilizzante
- cupolex in plastica riciclata per l'intercapedine
- calcestruzzo magro (100 mm)



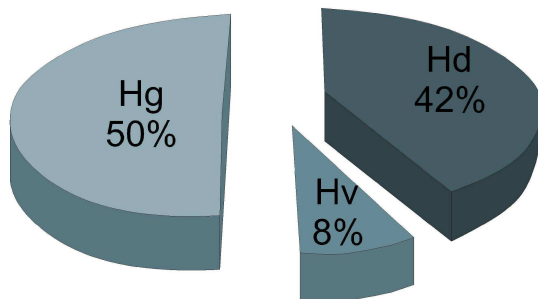
## ELEMENTI TRASPARENTI

- vetro doppio 4-15-4 (con gas argon) con telaio metallico a taglio termico e vetro doppio con rivestimento basso emissivo

L'inserimento nel software di diversi componenti consente una prima analisi delle singole dispersioni (vedi ALLEGATO H).

La simulazione energetica ha evidenziato l'incidenza in termini percentuali delle singole dispersioni:

- $H_v = 37\%$  (*coeff. di scambio termico per ventilazione*)
- $H_d = 33\%$  (*coeff. di scambio termico per dispersione*)
- $H_g = 30\%$  (*coeff. di scambio termico verso il terreno*)



Incidenza percentuale delle principali dispersioni dei coeff. di scambio termico

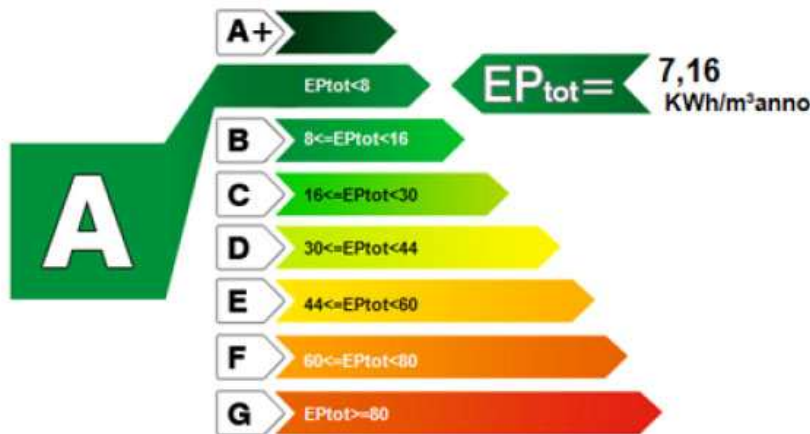
Per quanto riguarda la definizione del metodo di calcolo utilizzato, si è scelto di adottare il metodo tabellare per la definizione delle zone confinanti e la capacità termica. Per la parte impiantistica è stato invece impiegato il metodo analitico appendice B3 (procedura UNI EN 15316-2).

### Risultati della simulazione del comportamento energetico

L'attestato di certificazione rilasciato dal software evidenzia la classe energetica dell'edificio e gli indici di prestazione energetica totale ( $EP_{tot}$ ), relativi alla climatizzazione invernale ( $EP_{inv}$ ) e alla produzione di acqua calda sanitaria ( $EP_{acs}$ ).

I principali risultati energetici relativi allo stato di fatto:

- $EP_{tot} = 7.16 \text{ KWh/m}^3\text{a}$
- Classe energetica: A
- $EP_{inv} = 3,53 \text{ KWh/m}^3\text{a} < EP_{inv \text{ lim}} = 16,86 \text{ KWh/m}^3\text{a}$
- $EP_{acs} = 6,58 \text{ KWh/m}^3\text{a} > EP_{acs \text{ lim}} = 2,12 \text{ KWh/m}^3\text{a}$
- Fabbisogno energia termica utile (regime invernale): 22.475 KWh/anno
- Fabbisogno energia termica utile (regime estivo): 55.083 KWh/anno
- Fabbisogno energia termica utile per la produzione di acs: 17.648 KWh/anno



Il risultato ottenuto è soddisfacente, in quanto consente l'inserimento dell'edificio all'interno della classe energetica A. Tuttavia si è scelto di introdurre una fonte rinnovabile quale il microeolico, al fine di ridurre ulteriormente il fabbisogno termico.

Il tema da affrontare non è la valutazione del corretto dimensionamento della pala eolica o la verifica della velocità del vento locale quanto l'integrazione architettonica di tali "oggetti eolici" che hanno, o possono avere, anche finalità "didattiche-educative" per i bambini dell'asilo-scuola materna.

Dal punto di vista dimensionale l'Atlante Eolico mostra che a Bertinoro a 25 m dal suolo (la quota più bassa disposizione) la velocità del vento è di circa 3 m/s; pertanto sono state individuate turbine microeoliche ad asse verticale per ambiente urbano (1,5 kW), concepite per essere integrate sui tetti degli edifici e, in generale, in ambiente urbano. Grazie alla configurazione ad assi verticali con pale elicoidali, esse sono in

grado di raccogliere l'energia del vento proveniente da ogni direzione, ottenendo una generazione di potenza più costante, un basso livello di emissioni acustiche e un'ottima gradevolezza estetica.

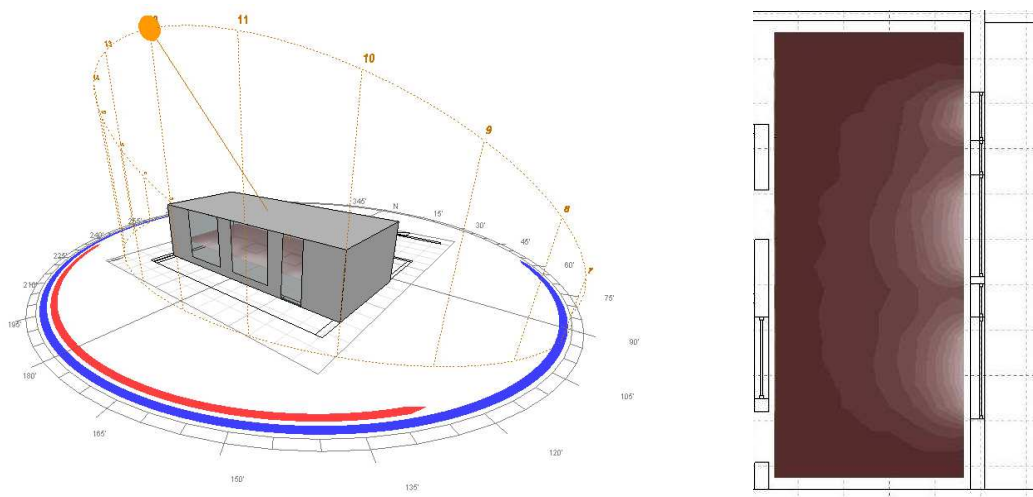
Grazie all'inserimento di 5 pale nella parte più bassa del lotto, in adiacenza alla nuova area di parcheggio, l'indice  $E_p$  è stato ridotto del 50%, ottenendo così un risultato finale pari a 4,55 KWh/m<sup>3</sup>a.

*Il comfort luminoso all'interno dell'aula*

La progettazione dei nuovi edifici scolastici ha rivolto particolare attenzione all'analisi del comfort luminoso all'interno delle aule, spazio primario della scuola, in cui i bambini svolgono gran parte delle attività. Il controllo dell'illuminazione naturale è infatti fondamentale per raggiungere elevati livelli di qualità visiva e capacità di lettura. Le sezioni della scuola materna e del nido sono state progettate per avere un affaccio diretto a sud e quindi un orientamento ottimale che consente l'ingresso degli apporti invernali e, con apposite schermature, quelli estivi.

Attraverso il software ecotect è stata modellizzata un'aula del nido, al fine di conoscere il valore di  $lux_{medio}$  presente e verificare la condizione di comfort interna. In questo modo il software diventa uno strumento di supporto alla progettazione e consente di mettere in pratica strategie per il raggiungimento dell'obiettivo.

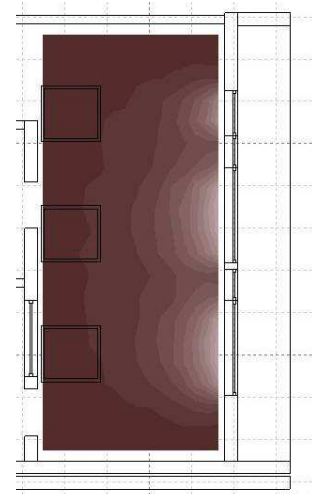
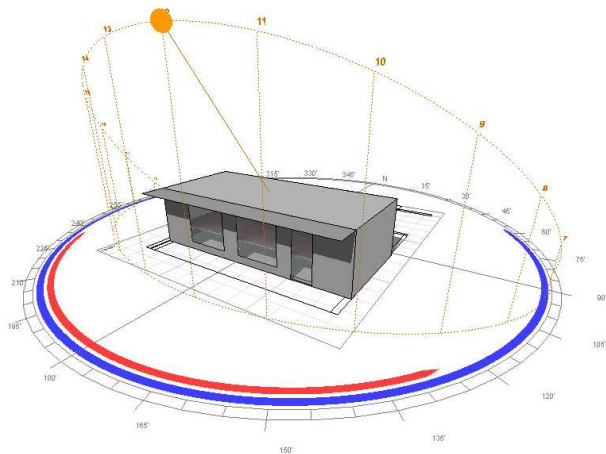
In un primo momento l'involucro è stato pensato come una scatola "calda" con aperture rivolte a sud.



Fase 1 – La scatola. Simulazione dei lux all'interno della sezione della nuova scuola

Il valore di  $lux_{medio}$  è pari a 321 e soddisfa il limite richiesto per le aule gioco e dei lavori manuali pari a 300; tuttavia è evidente un'illuminazione eccessiva a ridosso della facciata vetrata, con conseguente rischio di surriscaldamento dovuto all'assenza di un'opportuna schermatura.

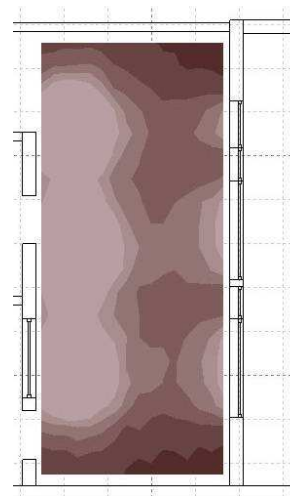
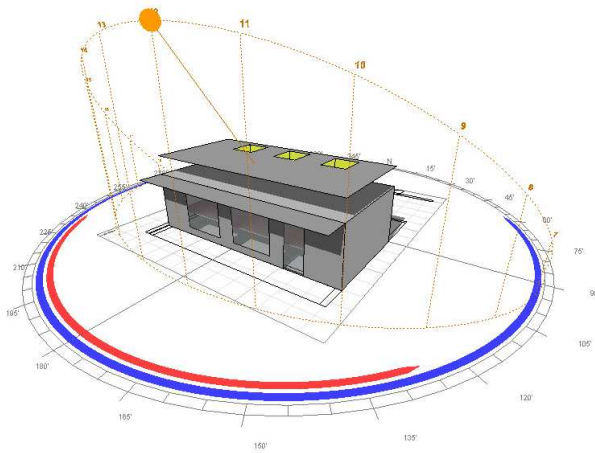
Queste valutazioni hanno determinato la scelta di intervenire sul fronte sud, al fine di migliorare la qualità degli spazi interni. È stato così progettato un aggetto della copertura tale da schermare i raggi estivi e consentire ugualmente apporti invernali, determinando uno spazio gioco coperto a diretto contatto con gli ambienti interni.



Fase 2 – L'aggetto. Simulazione dei lux all'interno della sezione della nuova scuola

La strategia adottata riduce il surriscaldamento estivo ma determina un valore di lux medio pari a 201, inferiore al limite determinato dalla normativa.

Il controllo dell'immissione di radiazione solare ha determinato l'inserimento di lucernai in corrispondenza della porzione di aula maggiormente distante dalle aperture, in modo da consentire la penetrazione di luce diffusa all'interno degli spazi.



Fase 3 – L'aggetto e le scatole di luce. Simulazione dei lux all'interno della sezione della nuova scuola

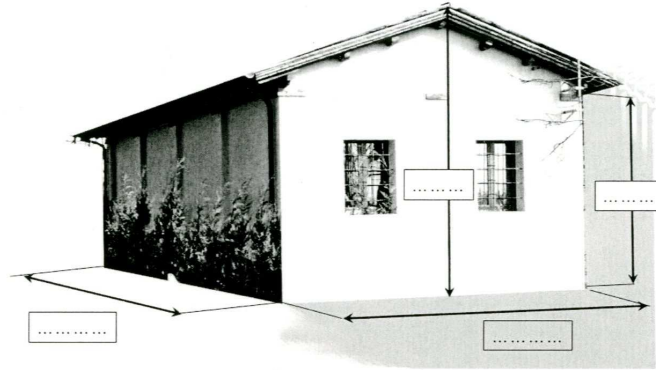
Si ottiene un valore  $\text{lux}_{\text{medio}} = 500$ .

Mettendo in relazione i diversi risultati ottenuti è possibile verificare i vantaggi derivanti dagli interventi; la soluzione finale consente infatti un incremento di lux di oltre il 50% rispetto alla scelta iniziale.

# ALLEGATI

## ALLEGATO A

UNITS 11300-1 (tabelle suddivise per zone climatiche e anno di costruzione).



**Trasmittanza pareti perimetrali verticali verso l'esterno (UNITS 11300-1) suddivise per zone climatiche ed anno di costruzione**

Zona climatica	Anno di costruzione	Spessore [m]	Chiusure opache verticali		Coperture			Basamenti
			Verso l'esterno	verso ambienti interne	plane	a falde	Solai vero ambienti non climatizzate	
C o D	1976-1985	0,20	-	-	1,76	2,39	1,63	1,51
		0,25	1,20	1,11	1,53	2,02	1,43	1,36
		0,30	1,15	0,99	1,30	1,65	1,22	1,21
		0,35	1,10	0,98	1,06	1,38	1,01	1,06
		0,40	1,10	-	-	-	-	-
	1986-1991	0,20	-	-	1,03	1,22	0,99	0,94
		0,25	0,81	0,77	0,95	1,12	0,91	0,88
		0,30	0,79	0,71	0,86	0,99	0,82	0,82
		0,35	0,76	0,70	0,74	0,85	0,72	0,74
		0,40	0,76	-	-	-	-	-
E o F	1976-1985	0,20	-	-	1,03	1,22	0,99	0,94
		0,25	0,81	0,77	0,95	1,12	0,91	0,88
		0,30	0,79	0,71	0,86	0,99	0,82	0,82
		0,35	0,76	0,70	0,74	0,85	0,72	0,71
		0,40	0,76	-	-	-	-	-
	1986-1991	0,20	-	-	0,73	0,82	0,71	0,68
		0,25	0,61	0,59	0,69	0,77	0,67	0,65
		0,30	0,60	0,55	0,64	0,71	0,62	0,61
		0,35	0,59	0,55	0,57	0,63	0,56	0,57
		0,40	0,59	-	-	-	-	-



## ALLEGATO B

Dati tecnici del generatore monostadio presente all'interno della scuola materna "Coccinella".

S C H E D A T E C N I C A

< Back

1.3.1  
2.2005

MONOSTADIO - BISTADIO

a basse emissioni inquinanti

BS	monostadio
BS D	bistadio

Bruciatori di gas monostadio o bistadio a basse emissioni inquinanti inferiori ai limiti previsti dalla normativa europea (NOx < 80 mg/kWh e CO < 60 mg/kWh).  
 Sono dotati di corpo in alluminio e cofano insonorizzato.  
 Per la regolazione dell'aria basta agire sul rinvio meccanico esterno senza smontare il cofano.  
 I collegamenti elettrici sono facilitati ed il grado di protezione elettrica è IP X0D (IP 40).  
 La gamma di questi bruciatori è costituita da 4 modelli monostadio e da 4 bistadio da 16 a 246 kW.

VANTAGGI PER L'INSTALLAZIONE/MANUTENZIONE

Basse emissioni inquinanti (NOx inferiori a 80 mg/kWh).

Flessibilità di installazione: lunghezza regolabile della testa.

Elevata manutenibilità: accesso ai componenti e alla testa di combustione col bruciatore montato.

Rispetto delle basse emissioni (Low-NOx) anche con camera di combustione "ad inversione".

RIELLO

IL CLIMA PER OGNI TEMPO



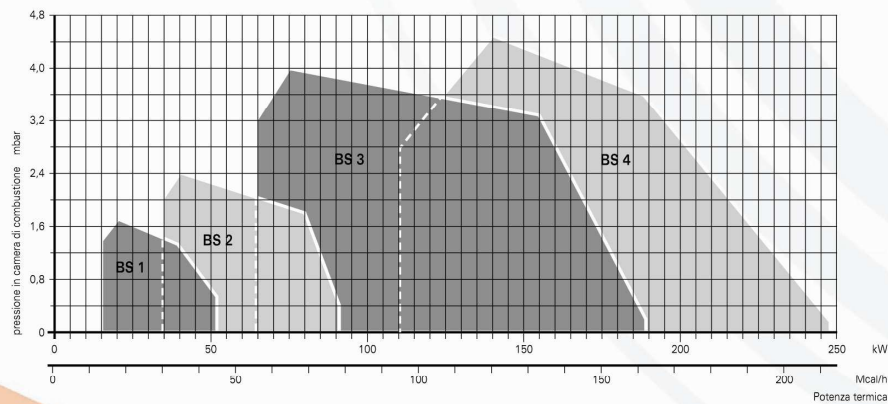
## Percorsi di sostenibilità

RIELLO GULLIVER			BS 1	BS 2	BS 3	BS 4
Tipo			911 T1	912 T1	913 T1	914 T1
Potenza termica*	min-max	kW	16-52	35-91	65-189	110-246
		Mcal/h	13,8-44,7	30,1-78,2	55,9-162,5	94,6-211,6
Combustibile gas metano		pci	8-12 kWh/Nm³ (7000-10340 kcal/Nm³)			
	pressione min/max	mbar	20/100			
GPL			25,8 kWh/Nm³ (22200 kcal/Nm³)			
CO2	%	10	10	10	10	10
CO	mg/kWh	20	10	20	10	
NOx	mg/kWh	75	70	75	65	
Funzionamento			monostadio			
Impiego standard			caldaie ad acqua, a vapore, a olio diatermico			
Alimentazione elettrica	V/hz	230±10 /50	230±10 /50	230±10 /50	230±10 /50	
		monofase	monofase	monofase	monofase	
Motore elettrico	rpm	2750	2750	2800	2720	
	A	0,8	0,8	1,8	1,9	
Trasformatore di accensione			secondario: 8 kV - 230V - 0,2 A			
Potenza max assorbita	kW max	0,15	0,18	0,35	0,53	
Grado di protezione elettrica	IP	40	40	40	40	
Rumorosità**	dB(A)	61	62	66	71	
Peso	kg	12	12	16	22	

\* Condizioni di riferimento: Temperatura ambiente 20°C - Pressione barometrica 1013 mbar - Altitudine 0 m s.l.m.

\*\* Pressione sonora misurata 1 metro dietro il bruciatore.

## CAMPI DI LAVORO



# ALLEGATO C

Stampa prodotta da **TERMOLOG** 

## copertura controsoffitto

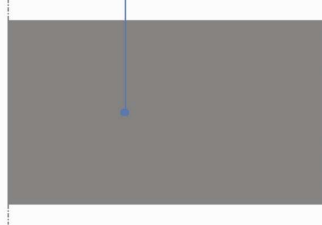
### DATI DELLA STRUTTURA

Nome dell'elemento:  
**copertura controsoffitto**

Descrizione:

Tipologia: Copertura  
Disposizione: Orizzontale  
Spessore: 20,0 mm  
Trasmittanza U: 4,545 W/(m<sup>2</sup>K)  
Resistenza R: 0,220 (m<sup>2</sup>K)/W  
Massa: 18 Kg/m<sup>2</sup>

A - Cartongesso



### STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore mm	Conduttività $\lambda$ W/(mK)	Resistenza $R$ (m <sup>2</sup> K)/W	Densità $\rho$ Kg/m <sup>3</sup>	Capacità termica kJ/(kgK)	Fattore $\mu_a$	Fattore $\mu_u$
	Adduttanza interna (flusso verticale ascendente)	-	-	0,100	-	-	-	-
A	Cartongesso	20,0	0,250	0,080	900	1,00	10,0	4,0
	Adduttanza esterna (flusso verticale ascendente)	-	-	0,040	-	-	-	-
	TOTALE	20,0		0,220				

Conduttanza unitaria superficiale interna: 0,000 W/(m<sup>2</sup>K)

Resistenza unitaria superficiale interna: 0,000 (m<sup>2</sup>K)/W

Conduttanza unitaria superficiale esterna: 25,000 W/(m<sup>2</sup>K)

Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,040 (m<sup>2</sup>K)/W

### VERIFICA DI TRASMITTANZA DELLA STRUTTURA

**Verifica di trasmittanza** (al netto di eventuali ponti termici non corretti)

Comune di riferimento: Bertinoro

Anno di riferimento: 2010

Zona climatica di riferimento: E

Trasmittanza della struttura U: 4,545 W/(m<sup>2</sup> K)

Trasmittanza limite  $U_{lim}$ : 0,300 W/(m<sup>2</sup> K)

**VERIFICA: NO**

Riferimento normativo: Regione Emilia Romagna DLGS 192 311

### CONDIZIONI AL CONTORNO

CONDIZIONE	Temperatura interna $T_i$ °C	Pressione parziale interna $P_i$ Pa	Temperatura esterna $T_e$ °C	Pressione parziale esterna $P_e$ Pa
INVERNALE	20,00	1.519,00	3,70	725,00
ESTIVA	24,20	1.915,30	23,80	2.024,30

X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a $\Delta P$ : -61,650 Pa
	La struttura è soggetta a fenomeni di condensa. La quantità stagionale di condensato è pari a: 0,000 kg/m <sup>2</sup> , tale quantità può rievaporare durante la stagione estiva
	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a $\Delta P$ : 0 Pa

STEP 1.relx

- , ()  
Tel: Fax: Email:

## Esempio - Vetro doppio 4-12-4

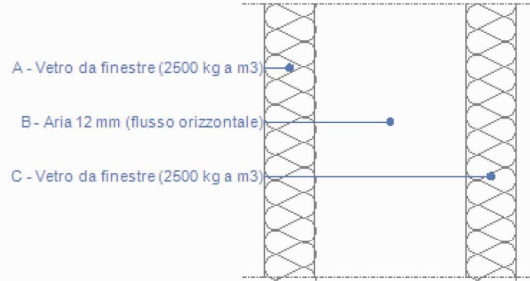
### DATI DELLA STRUTTURA

Nome dell'elemento:

**Esempio - Vetro doppio 4-12-4**

Descrizione:

Tipologia: Elemento trasparente  
 Disposizione: Verticale  
 Spessore: 20,0 mm  
 Trasmittanza U: 3,048 W/(m<sup>2</sup>K)  
 Resistenza R: 0,328 (m<sup>2</sup>K)/W  
 Massa: 20 Kg/m<sup>2</sup>



### STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore mm	Conduttività $\lambda$ W/(mK)	Resistenza $R$ (m <sup>2</sup> K)/W	Densità $\rho$ Kg/m <sup>3</sup>	Capacità termica kJ/(kgK)	Fattore $\mu_a$	Fattore $\mu_u$
	Adduttanza interna (flusso orizzontale)	-	-	0,130	-	-	-	-
A	Vetro da finestre (2500 kg a m <sup>3</sup> )	4,0	1,000	0,004	2.500	0,84	200.000,0	200.000,0
B	Aria 12 mm (flusso orizzontale)	12,0	0,080	0,150	1	1,00	1,0	1,0
C	Vetro da finestre (2500 kg a m <sup>3</sup> )	4,0	1,000	0,004	2.500	0,84	200.000,0	200.000,0
	Adduttanza esterna (flusso orizzontale)	-	-	0,040	-	-	-	-
	TOTALE	20,0		0,328				

Conduttanza unitaria superficiale interna: 0,000 W/(m<sup>2</sup>K)

Resistenza unitaria superficiale interna: 0,000 (m<sup>2</sup>K)/W

Conduttanza unitaria superficiale esterna: 25,000 W/(m<sup>2</sup>K)

Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,040 (m<sup>2</sup>K)/W

### VERIFICA DI TRASMITTANZA DELLA STRUTTURA

**Verifica di trasmittanza** (al netto di eventuali ponti termici non corretti)

Comune di riferimento: Bertinoro

Anno di riferimento: 2010

Zona climatica di riferimento: E

Trasmittanza della struttura U: 3,048 W/(m<sup>2</sup> K)

Trasmittanza limite U<sub>lim</sub>: 1,700 W/(m<sup>2</sup> K)

**VERIFICA: NO**

Riferimento normativo: Regione\_Emil\_Romagna\_DLGS\_192\_311

### CONDIZIONI AL CONTORNO

CONDIZIONE	Temperatura interna $T_i$ °C	Pressione parziale interna $P_i$ Pa	Temperatura esterna $T_e$ °C	Pressione parziale esterna $P_e$ Pa
INVERNALE	20,00	1.519,00	0,00	427,40
ESTIVA	20,00	396,80	0,00	427,40

	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a $\Delta P$ : 0 Pa
X	La struttura è soggetta a fenomeni di condensa. La quantità stagionale di condensato è pari a: 0,003 kg/m <sup>2</sup> , tale quantità può rievaporare durante la stagione estiva

## parete controterra

### DATI DELLA STRUTTURA

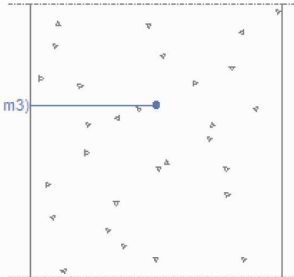
Nome dell'elemento:

**parete controterra**

Descrizione:

Tipologia: Parete  
Disposizione: Verticale  
Spessore: 250,0 mm  
Trasmittanza U: 3,110 W/(m<sup>2</sup>K)  
Resistenza R: 0,322 (m<sup>2</sup>K)/W  
Massa: 550 Kg/m<sup>2</sup>

A - Calcestruzzo (2200 kg a m<sup>3</sup>)



### STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore mm	Conduttività $\lambda$ W/(mK)	Resistenza $R$ (m <sup>2</sup> K)/W	Densità $\rho$ Kg/m <sup>3</sup>	Capacità termica kJ/(kgK)	Fattore $\mu_a$	Fattore $\mu_u$
	Adduttanza interna (flusso orizzontale)	-	-	0,130	-	-	-	-
A	Calcestruzzo (2200 kg a m <sup>3</sup> )	250,0	1,650	0,152	2.200	1,00	120,0	70,0
	Adduttanza esterna (flusso orizzontale)	-	-	0,040	-	-	-	-
	TOTALE	250,0		0,322				

Conduttanza unitaria superficiale interna: 0,000 W/(m<sup>2</sup>K)

Resistenza unitaria superficiale interna: 0,000 (m<sup>2</sup>K)/W

Conduttanza unitaria superficiale esterna: 25,000 W/(m<sup>2</sup>K)

Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,040 (m<sup>2</sup>K)/W

### VERIFICA DI TRASMITTANZA DELLA STRUTTURA

**Verifica di trasmittanza** (al netto di eventuali ponti termici non corretti)

Comune di riferimento: Bertinoro

Anno di riferimento: 2010

Zona climatica di riferimento: E

Trasmittanza della struttura U: 3,110 W/(m<sup>2</sup> K)

Trasmittanza limite  $U_{lim}$ : 0,340 W/(m<sup>2</sup> K)

**VERIFICA: NO**

Riferimento normativo: Regione Emilia Romagna DLGS 192\_311

### CONDIZIONI AL CONTORNO

CONDIZIONE	Temperatura interna $T_i$ °C	Pressione parziale interna $P_i$ Pa	Temperatura esterna $T_e$ °C	Pressione parziale esterna $P_e$ Pa
INVERNALE	20,00	1.519,00	13,10	1.506,80
ESTIVA	20,00	979,40	13,10	1.506,80

X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a $\Delta P$ : 333,676 Pa
	La struttura è soggetta a fenomeni di condensa. La quantità stagionale di condensato è pari a: 0,000 kg/m <sup>2</sup> , tale quantità può rievaporare durante la stagione estiva
	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a $\Delta P$ : 0 Pa

STEP 1.relx

- , ()  
Tel: Fax: EMail:

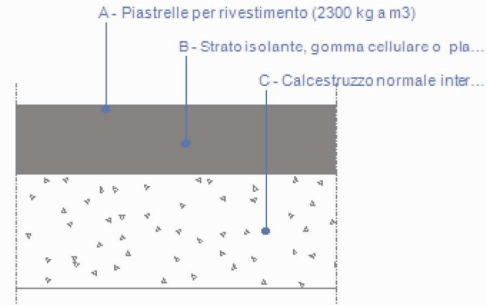
## pavimento controterra

### DATI DELLA STRUTTURA

Nome dell'elemento:  
**pavimento controterra**

Descrizione:

Tipologia: Pavimento  
Disposizione: Orizzontale  
Spessore: 240,0 mm  
Trasmittanza U: 0,872 W/(m<sup>2</sup>K)  
Resistenza R: 1,147 (m<sup>2</sup>K)/W  
Massa: 315 Kg/m<sup>2</sup>



### STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore mm	Conduttività $\lambda$ W/(mK)	Resistenza $R$ (m <sup>2</sup> K)/W	Densità $\rho$ Kg/m <sup>3</sup>	Capacità termica kJ/(kgK)	Fattore $\mu_a$	Fattore $\mu_u$
	Adduttanza interna (flusso verticale discendente)	-	-	0,170	-	-	-	-
A	Piastrelle per rivestimento (2300 kg a m3)	10,0	1,000	0,010	2.300	0,84	213,2	213,2
B	Strato isolante, gomma cellulare o plastica cellulare	80,0	0,100	0,800	270	1,40	10.000,0	10.000,0
C	Calcestruzzo normale interno (1800 kg a m3)	150,0	0,900	0,167	1.800	0,88	32,0	32,0
	TOTALE	240,0		1,147				

Conduttanza unitaria superficiale interna: 0,000 W/(m<sup>2</sup>K)

Resistenza unitaria superficiale interna: 0,000 (m<sup>2</sup>K)/W

Conduttanza unitaria superficiale esterna: 5,880 W/(m<sup>2</sup>K)

Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,170 (m<sup>2</sup>K)/W

### VERIFICA DI TRASMITTANZA DELLA STRUTTURA

**Verifica di trasmittanza** (al netto di eventuali ponti termici non corretti)

Comune di riferimento: Bertinoro

Anno di riferimento: 2010

Zona climatica di riferimento: E

Trasmittanza della struttura U: 0,872 W/(m<sup>2</sup> K)

Trasmittanza limite  $U_{lim}$ : 0,330 W/(m<sup>2</sup> K)

**VERIFICA: NO**

Riferimento normativo: Regione Emilia Romagna DLGS 192 311

### CONDIZIONI AL CONTORNO

CONDIZIONE	Temperatura interna $T_i$ °C	Pressione parziale interna $P_i$ Pa	Temperatura esterna $T_e$ °C	Pressione parziale esterna $P_e$ Pa
INVERNALE	20,00	1.519,00	13,10	1.506,80
ESTIVA	20,00	979,40	13,10	1.506,80

X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a $\Delta P$ : 629,604 Pa
	La struttura è soggetta a fenomeni di condensa. La quantità stagionale di condensato è pari a: 0,000 kg/m <sup>2</sup> , tale quantità può rievaporare durante la stagione estiva
	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a

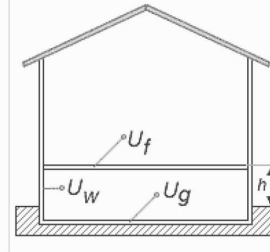
## Struttura a contatto con il terreno pavimento controterra

### DATI GENERALI

Nome dell'elemento:  
**pavimento controterra**

Note:

Tipologia: Pavimento su intercapedine  
 Tipo di isolamento del pavimento: -  
 Trasmissanza corretta globale U: 0,749 W/(m<sup>2</sup>K)  
 Resistenza R: 1,336 (m<sup>2</sup>K)/W



### GEOMETRIA

Perimetro esposto del pavimento P:	167,20 m	Area del pavimento a contatto con il terreno A:	1.162,27 m <sup>2</sup>
Dimensione caratteristica del pavimento B':	0,00 m	Spessore delle pareti perimetrali w:	0 mm
Spessore isolamento perimetrale d <sub>n</sub> :	- m	Larghezza isolamento di bordo D:	- m
Quota pavimento sospeso sopra al terreno h:	0,05 m	Profondità del pavimento sotto al terreno z:	- m
Spessore equivalente totale del pavimento d <sub>t</sub> :	0,00 m	Spessore equivalente totale della parete d <sub>w</sub> :	- m

### CARATTERISTICHE DI DISPERSIONE

Conduttività del terreno:	2,000 W/(mK)	Conduttività dell'isolante:	- W/(mK)
Pavimento della zona riscaldata:	pavimento controterra	Trasmissanza U <sub>f</sub> :	0,00 W/(m <sup>2</sup> K)
Pavimento a contatto con il terreno:	(trascurabile)	Trasmissanza U <sub>g</sub> :	0,00 W/(m <sup>2</sup> K)
Parete sopra al livello del terreno:	parete controterra	Trasmissanza U <sub>w</sub> :	0,00 W/(m <sup>2</sup> K)
Parete a contatto con il terreno:	-	Trasmissanza U' <sub>w</sub> :	- W/(m <sup>2</sup> K)
Trasmissanza corretta del solo pavimento U <sub>bf</sub> :	- W/(m <sup>2</sup> K)	Trasmissanza corretta della parete U <sub>bw</sub> :	- W/(m <sup>2</sup> K)
Fattore perimetrale Δψ:	- W/(mK)		
Area aperture di ventilazione sul perimetro ε:	1,00 m <sup>2</sup> /m	Tipo di protezione del vento:	Protetta (centro città)
Portata d'aria nel piano interrato n:	- 1/h	Volume netto piano interrato:	- m <sup>3</sup>

### VERIFICA DI TRASMITTANZA DELLA STRUTTURA SU TERRENO

#### Verifica di trasmittanza

Comune di riferimento:	Bertinoro	Zona climatica di riferimento:	E
Anno di riferimento:	2010	Trasmissanza limite U <sub>lim</sub> :	- W/(m <sup>2</sup> K)
Trasmissanza corretta globale U:	0,749 W/(m <sup>2</sup> K)		

#### VERIFICA: -

Riferimento normativo:  
 Regione\_Emil\_Romagna\_DLGS\_192\_311

STEP 1.relx

- , ()  
 Tel: Fax: Email:

## CARATTERISTICHE TERMICHE DEI COMPONENTI FINESTRATI DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

### FINESTRA1

Caratteristiche termiche							
Descrizione strato	$A_g$	$A_f$	$L_g$	$U_g$	$U_f$	$U_l$	$U_w$
	$[m^2]$	$[m^2]$	$[m]$	$[W/m^2K]$	$[W/m^2K]$	$[W/mK]$	$[W/m^2K]$
SERRAMENTO SINGOLO	2,760	0,690	9,480	3,048	2,200	0,080	3,098

CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA	7,690 W/mK	RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA	0,130 m <sup>2</sup> K/W
CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA	7,690 W/mK	RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA	0,130 m <sup>2</sup> K/W
RESISTENZA TERMICA TOTALE	0,323 m <sup>2</sup> K/W	TRASMITTANZA TERMICA TOTALE	3,098 W/m <sup>2</sup> K

### LEGENDA

$A_g$	Area del vetro
$A_f$	Area del telaio
$L_g$	Lunghezza della superficie vetrata
$K_g$	Trasmittanza termica dell'elemento vetrato
$K_f$	Trasmittanza termica del telaio
$K_l$	Trasmittanza lineica (nulla in caso di singolo vetro)
$K_w$	Trasmittanza termica totale del serramento

## PROGETTO DELL'ISOLAMENTO

### COEFFICIENTI DI MAGGIORAZIONE

Per lo svolgimento dei calcoli di progetto per l'isolamento dell'involucro dell'edificio sono stati introdotti i seguenti coefficienti di maggiorazione percentuale a seconda dell'esposizione delle strutture verticali dell'edificio, con riferimento alla norma UNI EN 12831 2006, paragrafo 6 dell'appendice NA (prospetto NA.3).

Esposizione a NORD: + 20 %  
Esposizione a EST: + 15 %  
Esposizione a NORD-EST: + 20 %  
Esposizione a SUD-OVEST: + 5 %

Esposizione a SUD: + 0 %  
Esposizione a OVEST: + 10 %  
Esposizione a SUD-EST: + 10 %  
Esposizione a NORD-OVEST: + 15 %

### COEFFICIENTI DI DISPERSIONE

Strutture verticali opache	Trasmittanza $U$ $W/(m^2K)$	Trasmittanza corretta $U'$ $W/(m^2K)$	Trasmittanza limite $U_{limite}$ $W/(m^2K)$	Verifica di legge
parete controterra	3,110	3,110	-	-
Strutture orizzontali opache di pavimento	Trasmittanza $U$ $W/(m^2K)$	Trasmittanza corretta $U'$ $W/(m^2K)$	Trasmittanza limite $U_{limite}$ $W/(m^2K)$	Verifica di legge
Strutture orizzontali opache di copertura	Trasmittanza $U$ $W/(m^2K)$	Trasmittanza corretta $U'$ $W/(m^2K)$	Trasmittanza limite $U_{limite}$ $W/(m^2K)$	Verifica di legge
copertura controsoffitto	4,545	4,545	-	-
Elementi trasparenti	Trasmittanza $U$ $W/(m^2K)$	Trasmittanza limite $U_{limite}$ $W/(m^2K)$	Verifica di legge	
Esempio - Vetro doppio 4-12-4	3,048	-	-	
Serramenti	Trasmittanza $U$ $W/(m^2K)$	Trasmittanza limite $U_{limite}$ $W/(m^2K)$	Verifica di legge	
finestra1	3,098	-	-	
finestra2	2,831	-	-	
finestra3	3,161	-	-	
finestra4	3,120	-	-	
finestra5	3,182	-	-	
finestra6	3,143	-	-	
finestra7	3,066	-	-	
porta finestra1	3,098	-	-	
porta finestra2	3,117	-	-	
Partizioni interne	Trasmittanza $U$ $W/(m^2K)$	Trasmittanza corretta $U'$ $W/(m^2K)$	Trasmittanza limite $U_{limite}$ $W/(m^2K)$	Verifica di legge
Ponti termici		Trasmittanza lineica $\psi_i$ $W/(mK)$	Trasmittanza lineica $\psi_{oi}$ $W/(mK)$	Trasmittanza lineica $\psi_e$ $W/(mK)$
Angoli-C2		0,100	0,100	-0,100
Copertura-R2		0,650	0,650	0,500
Pavimento-F2		0,900	0,800	0,800
Serramenti-W17		0,400	0,400	0,400

$U'$  rappresenta la trasmittanza di un elemento opaco, tenendo conto di eventuali ponti termici associati ad esso



## ALLEGATO D

Stampa prodotta da **TERMOLOG** 

DISPERSIONI PER TRASMISSIONE								
Descrizione	Or	Dimens m o m <sup>2</sup>	Coeff di esposiz	U o $\psi$ W/(m <sup>2</sup> K)	PT %	Direzione esposizione	$\Delta T$ °C	Potenza W
<b>zona unica - Locale unico</b>								
Serramenti-W17	SW	2,3	1,05	0,400	0	Esterno	25,0	24
Serramenti-W17	SW	2,3	1,05	0,400	0	Esterno	25,0	24
Serramenti-W17	SW	2,3	1,05	0,400	0	Esterno	25,0	24
Serramenti-W17	SW	1,5	1,05	0,400	0	Esterno	25,0	16
Serramenti-W17	SW	1,5	1,05	0,400	0	Esterno	25,0	16
Serramenti-W17	SE	0,6	1,10	0,400	0	Esterno	25,0	7
Serramenti-W17	SE	0,6	1,10	0,400	0	Esterno	25,0	7
Serramenti-W17	SE	1,5	1,10	0,400	0	Esterno	25,0	17
Serramenti-W17	SE	1,5	1,10	0,400	0	Esterno	25,0	17
Serramenti-W17	SE	2,3	1,10	0,400	0	Esterno	25,0	25
Serramenti-W17	SE	2,3	1,10	0,400	0	Esterno	25,0	25
Serramenti-W17	SE	2,3	1,10	0,400	0	Esterno	25,0	25
Serramenti-W17	SE	1,5	1,10	0,400	0	Esterno	25,0	17
Serramenti-W17	SE	1,5	1,10	0,400	0	Esterno	25,0	17
Serramenti-W17	SE	0,6	1,10	0,400	0	Esterno	25,0	7
Serramenti-W17	SE	0,6	1,10	0,400	0	Esterno	25,0	7
Serramenti-W17	SE	1,5	1,10	0,400	0	Esterno	25,0	17
Serramenti-W17	SE	1,5	1,10	0,400	0	Esterno	25,0	17
Serramenti-W17	SE	2,3	1,10	0,400	0	Esterno	25,0	25
Serramenti-W17	NE	2,3	1,20	0,400	0	Esterno	25,0	28
Serramenti-W17	NE	2,3	1,20	0,400	0	Esterno	25,0	28
Serramenti-W17	NW	1,5	1,15	0,400	0	Esterno	25,0	17
Serramenti-W17	NW	1,5	1,15	0,400	0	Esterno	25,0	17
Serramenti-W17	NW	2,3	1,15	0,400	0	Esterno	25,0	26
Serramenti-W17	NW	0,6	1,15	0,400	0	Esterno	25,0	7
Serramenti-W17	NW	0,6	1,15	0,400	0	Esterno	25,0	7
Serramenti-W17	NW	2,3	1,15	0,400	0	Esterno	25,0	26
Serramenti-W17	NW	0,6	1,15	0,400	0	Esterno	25,0	7
Serramenti-W17	NW	2,3	1,15	0,400	0	Esterno	25,0	26
Serramenti-W17	SW	0,6	1,05	0,400	0	Esterno	25,0	6
Serramenti-W17	SW	1,5	1,05	0,400	0	Esterno	25,0	16
Serramenti-W17	SW	1,5	1,05	0,400	0	Esterno	25,0	16
Serramenti-W17	NW	2,3	1,15	0,400	0	Esterno	25,0	26
Serramenti-W17	NW	1,5	1,15	0,400	0	Esterno	25,0	17
Serramenti-W17	NW	0,6	1,15	0,400	0	Esterno	25,0	7
Serramenti-W17	NW	1,5	1,15	0,400	0	Esterno	25,0	17
Serramenti-W17	NW	0,6	1,15	0,400	0	Esterno	25,0	7
Serramenti-W17	NW	2,3	1,15	0,400	0	Esterno	25,0	26
Serramenti-W17	NW	1,5	1,15	0,400	0	Esterno	25,0	17
Serramenti-W17	NW	1,5	1,15	0,400	0	Esterno	25,0	17
Angoli-C2	SE	3,0	1,10	0,100	0	Esterno	25,0	8
Angoli-C2	SE	3,0	1,10	0,100	0	Esterno	25,0	8
Angoli-C2	SE	3,0	1,10	0,100	0	Esterno	25,0	8
Angoli-C2	SE	3,0	1,10	0,100	0	Esterno	25,0	8
Angoli-C2	NW	3,0	1,15	0,100	0	Esterno	25,0	9
Angoli-C2	NW	3,0	1,15	0,100	0	Esterno	25,0	9
Angoli-C2	NW	3,0	1,15	0,100	0	Esterno	25,0	9
Angoli-C2	NW	3,0	1,15	0,100	0	Esterno	25,0	9
Angoli-C2	NW	3,0	1,15	0,100	0	Esterno	25,0	9
Copertura-R2	-	25,0	1,00	0,650	0	Esterno	25,0	405
Copertura-R2	-	21,5	1,00	0,650	0	Esterno	25,0	349

DISPERSIONI PER TRASMISSIONE								
Descrizione	Or	Dimens m o m <sup>2</sup>	Coeff di esposiz	U o $\psi$ W/(m <sup>2</sup> K)	PT %	Direzione esposizione	$\Delta T$ °C	Potenza W
<b>zona unica - Locale unico</b>								
Serramenti-W17	SW	2,3	1,05	0,400	0	Esterno	25,0	24
Serramenti-W17	SW	2,3	1,05	0,400	0	Esterno	25,0	24
Serramenti-W17	SW	2,3	1,05	0,400	0	Esterno	25,0	24
Serramenti-W17	SW	1,5	1,05	0,400	0	Esterno	25,0	16
Serramenti-W17	SW	1,5	1,05	0,400	0	Esterno	25,0	16
Serramenti-W17	SE	0,6	1,10	0,400	0	Esterno	25,0	7
Serramenti-W17	SE	0,6	1,10	0,400	0	Esterno	25,0	7
Serramenti-W17	SE	1,5	1,10	0,400	0	Esterno	25,0	17
Serramenti-W17	SE	1,5	1,10	0,400	0	Esterno	25,0	17
Serramenti-W17	SE	2,3	1,10	0,400	0	Esterno	25,0	25
Serramenti-W17	SE	2,3	1,10	0,400	0	Esterno	25,0	25
Serramenti-W17	SE	2,3	1,10	0,400	0	Esterno	25,0	25
Serramenti-W17	SE	1,5	1,10	0,400	0	Esterno	25,0	17
Serramenti-W17	SE	1,5	1,10	0,400	0	Esterno	25,0	17
Serramenti-W17	SE	0,6	1,10	0,400	0	Esterno	25,0	7
Serramenti-W17	SE	0,6	1,10	0,400	0	Esterno	25,0	7
Serramenti-W17	SE	1,5	1,10	0,400	0	Esterno	25,0	17
Serramenti-W17	SE	1,5	1,10	0,400	0	Esterno	25,0	17
Serramenti-W17	SE	2,3	1,10	0,400	0	Esterno	25,0	25
Serramenti-W17	NE	2,3	1,20	0,400	0	Esterno	25,0	28
Serramenti-W17	NE	2,3	1,20	0,400	0	Esterno	25,0	28
Serramenti-W17	NW	1,5	1,15	0,400	0	Esterno	25,0	17
Serramenti-W17	NW	1,5	1,15	0,400	0	Esterno	25,0	17
Serramenti-W17	NW	2,3	1,15	0,400	0	Esterno	25,0	26
Serramenti-W17	NW	0,6	1,15	0,400	0	Esterno	25,0	7
Serramenti-W17	NW	0,6	1,15	0,400	0	Esterno	25,0	7
Serramenti-W17	NW	2,3	1,15	0,400	0	Esterno	25,0	26
Serramenti-W17	NW	0,6	1,15	0,400	0	Esterno	25,0	7
Serramenti-W17	NW	2,3	1,15	0,400	0	Esterno	25,0	26
Serramenti-W17	SW	0,6	1,05	0,400	0	Esterno	25,0	6
Serramenti-W17	SW	1,5	1,05	0,400	0	Esterno	25,0	16
Serramenti-W17	SW	1,5	1,05	0,400	0	Esterno	25,0	16
Serramenti-W17	NW	2,3	1,15	0,400	0	Esterno	25,0	26
Serramenti-W17	NW	1,5	1,15	0,400	0	Esterno	25,0	17
Serramenti-W17	NW	0,6	1,15	0,400	0	Esterno	25,0	7
Serramenti-W17	NW	1,5	1,15	0,400	0	Esterno	25,0	17
Serramenti-W17	NW	0,6	1,15	0,400	0	Esterno	25,0	7
Serramenti-W17	NW	2,3	1,15	0,400	0	Esterno	25,0	26
Serramenti-W17	NW	1,5	1,15	0,400	0	Esterno	25,0	17
Serramenti-W17	NW	1,5	1,15	0,400	0	Esterno	25,0	17
Angoli-C2	SE	3,0	1,10	0,100	0	Esterno	25,0	8
Angoli-C2	SE	3,0	1,10	0,100	0	Esterno	25,0	8
Angoli-C2	SE	3,0	1,10	0,100	0	Esterno	25,0	8
Angoli-C2	SE	3,0	1,10	0,100	0	Esterno	25,0	8
Angoli-C2	NW	3,0	1,15	0,100	0	Esterno	25,0	9
Angoli-C2	NW	3,0	1,15	0,100	0	Esterno	25,0	9
Angoli-C2	NW	3,0	1,15	0,100	0	Esterno	25,0	9
Angoli-C2	NW	3,0	1,15	0,100	0	Esterno	25,0	9
Copertura-R2	-	25,0	1,00	0,650	0	Esterno	25,0	405
Copertura-R2	-	21,5	1,00	0,650	0	Esterno	25,0	349

## Percorsi di sostenibilità

Stampa prodotta da **TERMOLOG EpiX2**

Copertura-R2	-	6,0	1,00	0,650	0	Esterno	25,0	97
Copertura-R2	-	5,9	1,00	0,650	0	Esterno	25,0	95
Copertura-R2	-	21,6	1,00	0,650	0	Esterno	25,0	351
Copertura-R2	-	25,0	1,00	0,650	0	Esterno	25,0	405
Copertura-R2	-	21,4	1,00	0,650	0	Esterno	25,0	347
Copertura-R2	-	9,7	1,00	0,650	0	Esterno	25,0	158
Copertura-R2	-	0,3	1,00	0,650	0	Esterno	25,0	4
Copertura-R2	-	0,2	1,00	0,650	0	Esterno	25,0	2
Copertura-R2	-	5,9	1,00	0,650	0	Esterno	25,0	95
Copertura-R2	-	3,7	1,00	0,650	0	Esterno	25,0	60
Copertura-R2	-	21,5	1,00	0,650	0	Esterno	25,0	349
Pavimento-F2	-	25,0	1,00	0,800	0	Esterno	25,0	499
Pavimento-F2	-	21,5	1,00	0,800	0	Esterno	25,0	429
Pavimento-F2	-	6,0	1,00	0,800	0	Esterno	25,0	120
Pavimento-F2	-	5,9	1,00	0,800	0	Esterno	25,0	118
Pavimento-F2	-	21,6	1,00	0,800	0	Esterno	25,0	432
Pavimento-F2	-	25,0	1,00	0,800	0	Esterno	25,0	499
Pavimento-F2	-	21,4	1,00	0,800	0	Esterno	25,0	427
Pavimento-F2	-	9,7	1,00	0,800	0	Esterno	25,0	194
Pavimento-F2	-	5,9	1,00	0,800	0	Esterno	25,0	118
Pavimento-F2	-	3,7	1,00	0,800	0	Esterno	25,0	73
Pavimento-F2	-	21,5	1,00	0,800	0	Esterno	25,0	429
pavimento controterra	-	1.162,5	1,00	0,747	0	Terreno	25,0	21.710
copertura controsoffitto	-	1.161,3	1,00	4,545	0	Locale a T costante	0,0	0
parete esterna	NW	47,1	1,15	0,810	0	Esterno	25,0	1.098
finestra1	NW	3,5	1,15	3,098	0	Esterno	25,0	307
finestra2	NW	1,4	1,15	2,831	0	Esterno	25,0	112
finestra1	NW	3,5	1,15	3,098	0	Esterno	25,0	307
finestra2	NW	1,4	1,15	2,831	0	Esterno	25,0	112
porta finestra1	NW	2,1	1,15	3,098	0	Esterno	25,0	184
finestra4	NW	2,1	1,15	3,120	0	Esterno	25,0	188
finestra1	NW	3,5	1,15	3,098	0	Esterno	25,0	307
parete esterna	SW	53,1	1,05	0,810	0	Esterno	25,0	1.128
finestra6	SW	11,7	1,05	3,143	0	Esterno	25,0	969
porta finestra2	SW	2,4	1,05	3,117	0	Esterno	25,0	199
porta finestra1	SW	2,1	1,05	3,098	0	Esterno	25,0	168
finestra4	SW	2,1	1,05	3,120	0	Esterno	25,0	172
finestra1	SW	3,5	1,05	3,098	0	Esterno	25,0	281
parete esterna	SE	54,0	1,10	0,810	0	Esterno	25,0	1.204
finestra2	SE	1,4	1,10	2,831	0	Esterno	25,0	107
finestra2	SE	1,4	1,10	2,831	0	Esterno	25,0	107
finestra1	SE	3,5	1,10	3,098	0	Esterno	25,0	294
finestra4	SE	2,1	1,10	3,120	0	Esterno	25,0	180
porta finestra1	SE	2,1	1,10	3,098	0	Esterno	25,0	176
parete esterna	NE	18,0	1,20	0,810	0	Esterno	25,0	437
parete esterna	NW	2,1	1,15	0,810	0	Esterno	25,0	49
finestra5	NW	15,6	1,15	3,182	0	Esterno	25,0	1.423
parete esterna	NE	11,0	1,20	0,810	0	Esterno	25,0	268
parete esterna	NE	60,7	1,20	0,810	0	Esterno	25,0	1.474
finestra6	NE	11,7	1,20	3,143	0	Esterno	25,0	1.107
porta finestra2	NE	2,4	1,20	3,117	0	Esterno	25,0	227
parete esterna	NW	49,6	1,15	0,810	0	Esterno	25,0	1.155
finestra1	NW	3,5	1,15	3,098	0	Esterno	25,0	307
finestra4	NW	2,1	1,15	3,120	0	Esterno	25,0	188
porta finestra1	NW	2,1	1,15	3,098	0	Esterno	25,0	184
finestra2	NW	1,4	1,15	2,831	0	Esterno	25,0	112
finestra7	NW	0,7	1,15	3,066	0	Esterno	25,0	58
porta finestra1	NW	2,1	1,15	3,098	0	Esterno	25,0	184
finestra7	NW	0,7	1,15	3,066	0	Esterno	25,0	58

## Percorsi di sostenibilità

Stampa prodotta da **TERMOLOG EPIX2**

porta finestra1	NW	2,1	1,15	3,098	0	Esterno	25,0	184
parete esterna	SE	46,8	1,10	0,810	0	Esterno	25,0	1.043
finestra4	SE	2,1	1,10	3,120	0	Esterno	25,0	180
porta finestra1	SE	2,1	1,10	3,098	0	Esterno	25,0	176
finestra1	SE	3,5	1,10	3,098	0	Esterno	25,0	294
finestra2	SE	1,4	1,10	2,831	0	Esterno	25,0	107
finestra2	SE	1,4	1,10	2,831	0	Esterno	25,0	107
finestra1	SE	3,5	1,10	3,098	0	Esterno	25,0	294
finestra4	SE	2,1	1,10	3,120	0	Esterno	25,0	180
porta finestra1	SE	2,1	1,10	3,098	0	Esterno	25,0	176
parete esterna	SW	0,2	1,05	0,810	0	Esterno	25,0	4
parete esterna	SE	4,4	1,10	0,810	0	Esterno	25,0	98
finestra3	SE	13,2	1,10	3,161	0	Esterno	25,0	1.152
parete esterna	SW	21,0	1,05	0,810	0	Esterno	25,0	446
finestra2	SW	1,4	1,05	2,831	0	Esterno	25,0	103
finestra1	SW	3,5	1,05	3,098	0	Esterno	25,0	281
finestra1	SW	3,5	1,05	3,098	0	Esterno	25,0	281
parete controterra	-	12,2	1,00	3,110	0	Terreno	10,0	171
parete controterra	-	9,2	1,00	3,110	0	Terreno	10,0	129
<b>Totale</b>								<b>48.798</b>
<b>TOTALE GENERALE</b>								<b>48.798</b>

Or: Orientamento delle strutture verso esterno  
 Dimens: Area o lunghezza dell'elemento disperdente al netto di eventuali aperture  
 Coeff di esposiz: Coefficiente di incremento della dispersione di progetto in funzione dell'esposizione  
 U: Trasmittanza della struttura o del ponte termico  
 PT: Coefficiente di maggiorazione in presenza di eventuali ponti termici  
 ΔT: Salto termico di progetto

Stampa prodotta da **TERMOLOG EPIX2**

ATTRIBUZIONE DEI PONTI TERMICI AGLI ELEMENTI OPACHI DELL'INVOLUCRO					
Strutture verticali opache	Area m <sup>2</sup>	Ponte termico associato	Lunghezza m	Percentuale di influenza %	
Strutture orizzontali opache di pavimento	Area m <sup>2</sup>	Ponte termico associato	Lunghezza m	Percentuale di influenza %	
Strutture orizzontali opache di copertura	Area m <sup>2</sup>	Ponte termico associato	Lunghezza m	Percentuale di influenza %	
DISPERSIONI PER VENTILAZIONE					
Descrizione dell'ambiente	Ricambi o d'aria effettivo	Ricambi o d'aria minimo	Portata d'aria ricambiata dall'impianto di ventilazione meccanica m <sup>3</sup> /h	Portata d'aria circolante attraverso apparecchi di recupero del calore m <sup>3</sup> /h	Rendimento termico degli apparecchi di recupero del calore %
zona unica	1,36	0,00	0	0	0
Descrizione dell'ambiente	Volume netto m <sup>3</sup>		Dispersione W		
zona unica - Locale unico	2.424		27.473		

## ALLEGATO E

Stampa prodotta da **TERMOLOG EPIX 2**

<b>copertura controsoffitto</b>							
<b>DATI DELLA STRUTTURA</b>							
<p>Nome dell'elemento: <b>copertura controsoffitto</b></p> <p>Descrizione:</p> <p>Tipologia: Copertura            Disposizione: Orizzontale            Spessore: 180,0 mm            Trasmissanza U: 0,209 W/(m<sup>2</sup>K)            Resistenza R: 4,791 (m<sup>2</sup>K)/W            Massa: 29 Kg/m<sup>2</sup></p>							
<b>STRATIGRAFIA</b>							
Strato	Spessore mm	Conducibilità A W/(mK)	Resistenza R (m <sup>2</sup> K)/W	Densità ρ Kg/m <sup>3</sup>	Capacità termica kJ/(kgK)	Fattore P <sub>g</sub>	Fattore P <sub>u</sub>
	-	-	0,100	-	-	-	-
A	Cartongesso	20,0	0,250	0,080	800	1,00	10,0
B	Rockwool Acoustic 225 100mm	160,0	0,035	4,571	70	1,03	1,0
	Adduttanza esterna (flusso verticale ascendente)	-	-	0,040	-	-	-
TOTALE		180,0		4,791			
Conducibilità unitaria superficiale interna: 0,000 W/(m <sup>2</sup> K)				Resistenza unitaria superficiale interna: 0,000 (m <sup>2</sup> K)/W			
Conducibilità unitaria superficiale esterna: 25,000 W/(m <sup>2</sup> K)				Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,040 (m <sup>2</sup> K)/W			
<b>VERIFICA DI TRASMITTANZA DELLA STRUTTURA</b>							
Verifica di trasmittanza (al netto di eventuali ponti termici non corretti)							
Comune di riferimento:		Bertinoro		Zona climatica di riferimento:		E	
Anno di riferimento:		2010		Trasmissione limite U <sub>lim</sub> :		0,300 W/(m <sup>2</sup> K)	
Trasmissione della struttura U:		0,209 W/(m <sup>2</sup> K)					
VERIFICA: OK							
Riferimento normativo: Regione_Emilia_Romagna_DLGS_192_311							
<b>CONDIZIONI AL CONTORNO</b>							
CONDIZIONE		Temperatura interna T <sub>i</sub> °C	Pressione parziale interna P <sub>i</sub> Pa	Temperatura esterna T <sub>e</sub> °C	Pressione parziale esterna P <sub>e</sub> Pa		
INVERNALE		20,00	1.519,00	7,30	931,20		
ESTIVA		24,20	1.814,10	22,90	1.917,30		
X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a ΔP: 713,345 Pa						
	La struttura è soggetta a fenomeni di condensa. La quantità stagionale di condensato è pari a: 0,000 kg/m <sup>2</sup> , tale quantità può rievaporare durante la stagione estiva						
X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a						

Stampa prodotta da **TERMOLOG** 

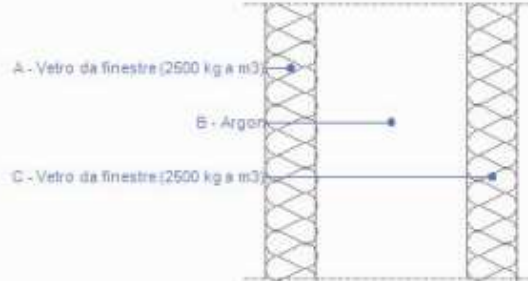
## Esempio - Vetro doppio 4-argon-4

### DATI DELLA STRUTTURA

Nome dell'elemento:  
Esempio - Vetro doppio 4-argon-4

Descrizione:

Tipologia: Elemento trasparente  
Disposizione: Verticale  
Spessore: 20,0 mm  
Trasmittanza U: 1,131 W/(m<sup>2</sup>K)  
Resistenza R: 0,884 (m<sup>2</sup>K)/W  
Massa: 20 Kg/m<sup>2</sup>



### STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore mm	Conduttività $\lambda$ W/(mK)	Resistenza $R$ (m <sup>2</sup> K)/W	Densità $\rho$ Kg/m <sup>3</sup>	Capacità termica k/(KkgK)	Fattore $\mu_g$	Fattore $\mu_u$
	Adduttanza interna (flusso orizzontale)	-	-	0,130	-	-	-	-
A	Vetro da finestra (2500 kg a m3)	4,0	1,000	0,004	2.500	0,84	200.000,0	200.000,0
B	Argon	12,0	0,017	0,706	2	0,52	1,0	1,0
C	Vetro da finestra (2500 kg a m3)	4,0	1,000	0,004	2.500	0,84	200.000,0	200.000,0
	Adduttanza esterna (flusso orizzontale)	-	-	0,040	-	-	-	-
	TOTALE	20,0		0,884				

Conduttanza unitaria superficiale interna: 0,000 W/(m<sup>2</sup>K)

Conduttanza unitaria superficiale esterna: 25,000 W/(m<sup>2</sup>K)

Resistenza unitaria superficiale interna: 0,000 (m<sup>2</sup>K)/W

Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,040 (m<sup>2</sup>K)/W

### VERIFICA DI TRASMITTANZA DELLA STRUTTURA

Verifica di trasmittanza (al netto di eventuali ponti termici non corretti)

Comune di riferimento: Bertinoro

Anno di riferimento: 2010

Zona climatica di riferimento: E

Trasmittanza della struttura U: 1,131 W/(m<sup>2</sup>K)

Trasmittanza limite U<sub>lim</sub>: 1,700 W/(m<sup>2</sup>K)

VERIFICA: OK

Riferimento normativo: Regione\_Emil\_Romagna\_DLGS\_192\_311

### CONDIZIONI AL CONTORNO

CONDIZIONE	Temperatura interna $T_i$ °C	Pressione parziale interna $P_i$ Pa	Temperatura esterna $T_e$ °C	Pressione parziale esterna $P_e$ Pa
INVERNALE	20,00	1.519,00	1,90	637,90
ESTIVA	24,20	1.961,80	24,20	2.073,50

	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a $\Delta P \geq 0$ Pa
X	La struttura è soggetta a fenomeni di condensa. La quantità stagionale di condensato è pari a: 0,001 kg/m <sup>2</sup> , tale quantità può rievaporare durante la stagione estiva



Stampa prodotta da **TERMOLOG** 

## parete controterra

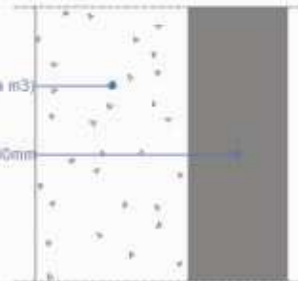
### DATI DELLA STRUTTURA

Nome dell'elemento:  
parete controterra

Descrizione:

Tipologia: Parete  
Disposizione: Verticale  
Spessore: 410,0 mm  
Trasmittanza U: 0,204 W/(m<sup>2</sup>K)  
Resistenza R: 4,893 (m<sup>2</sup>K)/W  
Massa: 561 Kg/m<sup>2</sup>

A - Calcestruzzo (2200 kg a m<sup>3</sup>)  
B - Rockwool Acoustic 225 100mm



### STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore mm	Conduttività A W/(mK)	Resistenza R (m <sup>2</sup> K)/W	Densità ρ Kg/m <sup>3</sup>	Capacità termica kJ/(kgK)	Fattore μ <sub>g</sub>	Fattore μ <sub>u</sub>
	Adduttanza interna (flusso orizzontale)	-	-	0,130	-	-	-	-
A	Calcestruzzo (2200 kg a m <sup>3</sup> )	250,0	1,650	0,152	2.200	1,00	120,0	70,0
B	Rockwool Acoustic 225 100mm	160,0	0,035	4,571	70	1,03	1,0	1,0
	Adduttanza esterna (flusso orizzontale)	-	-	0,040	-	-	-	-
	TOTALE	410,0		4,893				

Conduttanza unitaria superficiale interna: 0,000 W/(m<sup>2</sup>K)

Resistenza unitaria superficiale interna: 0,000 (m<sup>2</sup>K)/W

Conduttanza unitaria superficiale esterna: 25,000 W/(m<sup>2</sup>K)

Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,040 (m<sup>2</sup>K)/W

### VERIFICA DI TRASMITTANZA DELLA STRUTTURA

Verifica di trasmittanza (al netto di eventuali ponti termici non corretti)

Comune di riferimento: Bertinoro

Anno di riferimento: 2010

Zona climatica di riferimento: E

Trasmittanza della struttura U: 0,204 W/(m<sup>2</sup> K)

Trasmittanza limite U<sub>lim</sub>: 0,340 W/(m<sup>2</sup> K)

VERIFICA: OK

Riferimento normativo: Regione\_Emilis\_Romagna\_DLGS\_192\_311

### CONDIZIONI AL CONTORNO

CONDIZIONE	Temperatura interna T <sub>i</sub> °C	Pressione parziale interna P <sub>i</sub> Pa	Temperatura esterna T <sub>e</sub> °C	Pressione parziale esterna P <sub>e</sub> Pa
INVERNALE	20,00	1.519,00	13,10	1.506,80
ESTIVA	20,00	979,40	13,10	1.506,80

X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a ΔP: 705,161 Pa
	La struttura è soggetta a fenomeni di condensa. La quantità stagionale di condensato è pari a: 0,000 kg/m <sup>2</sup> , tale quantità può rievaporare durante la stagione estiva
	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a ΔP: 0 Pa

STEP 5.1 rev

Tel: Fax: EMail:

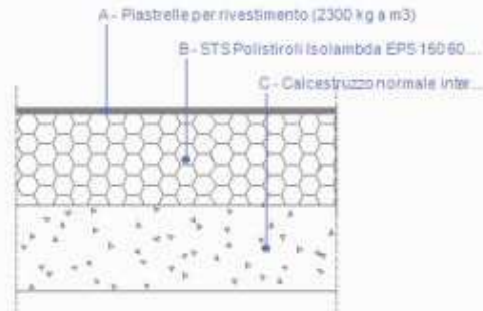
## pavimento controterra

### DATI DELLA STRUTTURA

Nome dell'elemento:  
pavimento controterra

Descrizione:

Tipologia: Pavimento  
Disposizione: Orizzontale  
Spessore: 320,0 mm  
Trasmittanza U: 0,182 W/(m<sup>2</sup>K)  
Resistenza R: 5,508 (m<sup>2</sup>K)/W  
Massa: 297 Kg/m<sup>2</sup>



### STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore mm	Conduttività A W/(mK)	Resistenza R (m <sup>2</sup> K)/W	Densità ρ Kg/m <sup>3</sup>	Capacità termica kJ/(kgK)	Fattore μ <sub>g</sub>	Fattore μ <sub>f</sub>
	Adduttanza interna (flusso verticale discendente)	-	-	0,170	-	-	-	-
A	Piastrelle per rivestimento (2300 kg a m3)	10,0	1,000	0,010	2.300	0,84	213,2	213,2
B	STS Polistiroli Isolambda EPS 150 60mm	160,0	0,031	5,161	25	1,47	30,0	30,0
C	Calcestruzzo normale interno (1800 kg a m3)	150,0	0,900	0,167	1.800	0,88	32,0	32,0
	TOTALE	320,0		5,508				

Conduttanza unitaria superficiale interna: 0,000 W/(m<sup>2</sup>K)

Conduttanza unitaria superficiale esterna: 5,880 W/(m<sup>2</sup>K)

Resistenza unitaria superficiale interna: 0,000 (m<sup>2</sup>K)/W

Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,170 (m<sup>2</sup>K)/W

### VERIFICA DI TRASMITTANZA DELLA STRUTTURA

Verifica di trasmittanza (al netto di eventuali ponti termici non corretti)

Comune di riferimento: Bertinoro

Anno di riferimento: 2010

Zona climatica di riferimento: E

Trasmittanza della struttura U: 0,182 W/(m<sup>2</sup>K)

Trasmittanza limite U<sub>lim</sub>: 0,330 W/(m<sup>2</sup>K)

VERIFICA: OK

Riferimento normativo: Regione\_Emilie\_Romagna\_DLGS\_192\_311

### CONDIZIONI AL CONTO

CONDIZIONE	Temperatura interna T <sub>i</sub> °C	Pressione parziale interna P <sub>i</sub> Pa	Temperatura esterna T <sub>e</sub> °C	Pressione parziale esterna P <sub>e</sub> Pa
INVERNALE	20,00	1.519,00	13,10	1.506,80
ESTIVA	20,00	979,40	13,10	1.506,80

	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a ΔP: 0 Pa
X	La struttura è soggetta a fenomeni di condensa. La quantità stagionale di condensato è pari a: 0,061 kg/m <sup>2</sup> , tale quantità può rievaporare durante la stagione estiva
	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a ΔP: 0 Pa

STEP 5. rev:

Tel: Fax: EMail:



## CARATTERISTICHE TERMICHE DEI COMPONENTI FINESTRATI DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

### FINESTRA1

Caratteristiche termiche							
Descrizione strato	$A_g$	$A_f$	$L_g$	$U_g$	$U_f$	$U_l$	$U_w$
	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[W/m <sup>2</sup> K]	[W/m <sup>2</sup> K]	[W/mK]	[W/m <sup>2</sup> K]
SERRAMENTO SINGOLO	3,010	0,440	9,900	1,131	2,200	0,050	1,411
CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA		7,690 W/mK	RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA		0,130 m <sup>2</sup> K/W		
CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA		7,690 W/mK	RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA		0,130 m <sup>2</sup> K/W		
RESISTENZA TERMICA TOTALE		0,709 m <sup>2</sup> K/W	TRASMITTANZA TERMICA TOTALE		1,411 W/m <sup>2</sup> K		

### LEGENDA

$A_g$	Area del vetro
$A_f$	Area del telaio
$L_g$	Lunghezza della superficie vetrata
$K_g$	Trasmittanza termica dell'elemento vetrato
$K_f$	Trasmittanza termica del telaio
$K_l$	Trasmittanza lineica (nulla in caso di singolo vetro)
$K_w$	Trasmittanza termica totale del serramento

<b>Struttura a contatto con il terreno pavimento controterra</b>			
<b>DATI GENERALI</b>			
<p>Nome dell'elemento: pavimento controterra</p> <p>Note:</p> <p>Tipologia: Pavimento su intercapedine</p> <p>Tipo di isolamento del pavimento: -</p> <p>Trasmittanza corretta globale U: 0,175 W/(m<sup>2</sup>K)</p> <p>Resistenza R: 5,699 (m<sup>2</sup>K)/W</p>			
<b>GEOMETRIA</b>			
<p>Perimetro esposto del pavimento P: 167,20 m</p> <p>Dimensione caratteristica del pavimento B': 0,00 m</p> <p>Spessore isolamento perimetrale d<sub>pi</sub>: - m</p> <p>Quota pavimento sospeso sopra al terreno h: 0,05 m</p> <p>Spessore equivalente totale del pavimento d<sub>t</sub>: 0,00 m</p>		<p>Area del pavimento a contatto con il terreno A: 1.162,27 m<sup>2</sup></p> <p>Spessore delle pareti perimetrali w: 0 mm</p> <p>Larghezza isolamento di bordo D: - m</p> <p>Profondità del pavimento sotto al terreno z: - m</p> <p>Spessore equivalente totale della parete d<sub>w</sub>: - m</p>	
<b>CARATTERISTICHE DI DISPERSIONE</b>			
<p>Conducibilità del terreno: 2,000 W/(mK)</p> <p>Pavimento della zona riscaldata: pavimento controterra</p> <p>Pavimento a contatto con il terreno: (trascurabile)</p> <p>Parete sopra al livello del terreno: parete controterra</p> <p>Parete a contatto con il terreno: -</p> <p>Trasmittanza corretta del solo pavimento U<sub>br</sub>: - W/(m<sup>2</sup>K)</p> <p>Fattore perimetrale Δψ: - W/(mK)</p> <p>Area aperture di ventilazione sul perimetro s: 1,00 m<sup>2</sup>/m</p> <p>Portata d'aria nel piano interrato n: - 1/h</p>		<p>Conducibilità dell'isolante: - W/(mK)</p> <p>Trasmittanza U<sub>f</sub>: 0,00 W/(m<sup>2</sup>K)</p> <p>Trasmittanza U<sub>g</sub>: 0,00 W/(m<sup>2</sup>K)</p> <p>Trasmittanza U<sub>w</sub>: 0,00 W/(m<sup>2</sup>K)</p> <p>Trasmittanza U'<sub>w</sub>: - W/(m<sup>2</sup>K)</p> <p>Trasmittanza corretta della parete U<sub>bw</sub>: - W/(m<sup>2</sup>K)</p> <p>Tipo di protezione del vento: Protetta (centro città)</p> <p>Volume netto piano interrato: - m<sup>3</sup></p>	
<b>VERIFICA DI TRASMITTANZA DELLA STRUTTURA SU TERRENO</b>			
<p>Verifica di trasmittanza</p> <p>Comune di riferimento: Bertinoro</p> <p>Anno di riferimento: 2010</p> <p>Trasmittanza corretta globale U: 0,175 W/(m<sup>2</sup> K)</p> <p>VERIFICA: -</p> <p>Riferimento normativo: Regione_Emilia_Romagna_DLGS_192_311</p> <p>Zona climatica di riferimento: E</p> <p>Trasmittanza limite U<sub>lim</sub>: - W/(m<sup>2</sup> K)</p>			

**PROGETTO DELL'ISOLAMENTO****COEFFICIENTI DI MAGGIORAZIONE**

Per lo svolgimento dei calcoli di progetto per l'isolamento dell'involucro dell'edificio sono stati introdotti i seguenti coefficienti di maggiorazione percentuale a seconda dell'esposizione delle strutture verticali dell'edificio, con riferimento alla norma UNI EN 12831 2006, paragrafo 6 dell'appendice NA (prospetto NA.3).

Esposizione a NORD: + 20 %

Esposizione a EST: + 15 %

Esposizione a NORD-EST: + 20 %

Esposizione a SUD-OVEST: + 5 %

Esposizione a SUD: + 0 %

Esposizione a OVEST: + 10 %

Esposizione a SUD-EST: + 10 %

Esposizione a NORD-OVEST: + 15 %

**COEFFICIENTI DI DISPERSIONE**

Strutture verticali opache	Trasmittanza U W/(m²K)	Trasmittanza corretta U' W/(m²K)	Trasmittanza limite U <sub>limite</sub> W/(m²K)	Verifica di legge	
parete controterra	0,204	0,204	-	-	
Strutture orizzontali opache di pavimento	Trasmittanza U W/(m²K)	Trasmittanza corretta U' W/(m²K)	Trasmittanza limite U <sub>limite</sub> W/(m²K)	Verifica di legge	
Strutture orizzontali opache di copertura	Trasmittanza U W/(m²K)	Trasmittanza corretta U' W/(m²K)	Trasmittanza limite U <sub>limite</sub> W/(m²K)	Verifica di legge	
copertura controsoffitto	0,209	0,209	-	-	
Elementi trasparenti	Trasmittanza U W/(m²K)	Trasmittanza limite U <sub>limite</sub> W/(m²K)	Verifica di legge		
Esempio - Vetro doppio 4-argon-4	1,131	-	-		
Serramenti	Trasmittanza U W/(m²K)	Trasmittanza limite U <sub>limite</sub> W/(m²K)	Verifica di legge		
finestra1	1,411	-	-		
finestra2	1,648	-	-		
finestra3	1,440	-	-		
finestra4	1,502	-	-		
finestra5	1,471	-	-		
finestra6	1,405	-	-		
finestra7	1,817	-	-		
porta finestra1	1,493	-	-		
porta finestra2	1,522	-	-		
Partizioni interne	Trasmittanza U W/(m²K)	Trasmittanza corretta U' W/(m²K)	Trasmittanza limite U <sub>limite</sub> W/(m²K)	Verifica di legge	
Ponti termici			Trasmittanza lineica $\psi_j$ W/(mK)	Trasmittanza lineica $\psi_{oj}$ W/(mK)	Trasmittanza lineica $\psi_e$ W/(mK)
Angoli-C2			0,100	0,100	-0,100
Copertura-R2			0,650	0,650	0,500
Pavimento-F2			0,900	0,800	0,800
Serramenti-W17			0,400	0,400	0,400

$U'$  rappresenta la trasmittanza di un elemento opaco, tenendo conto di eventuali ponti termici associati ad esso

DISPERSIONI PER TRASMISSIONE								
Descrizione	Or	Dimens m o m <sup>2</sup>	Coef di asposz	U o $\psi$ W/(m <sup>2</sup> K)	FT %	Direzione esposizione	$\Delta T$ °C	Potenza W
<b>zona unica - Locale unico</b>								
Serramenti-W17	SW	2,3	1,05	0,400	0	Esterno	25,0	24
Serramenti-W17	SW	2,3	1,05	0,400	0	Esterno	25,0	24
Serramenti-W17	SW	2,3	1,05	0,400	0	Esterno	25,0	24
Serramenti-W17	SW	1,5	1,05	0,400	0	Esterno	25,0	16
Serramenti-W17	SW	1,5	1,05	0,400	0	Esterno	25,0	16
Serramenti-W17	SE	0,6	1,10	0,400	0	Esterno	25,0	7
Serramenti-W17	SE	0,6	1,10	0,400	0	Esterno	25,0	7
Serramenti-W17	SE	1,5	1,10	0,400	0	Esterno	25,0	17
Serramenti-W17	SE	1,5	1,10	0,400	0	Esterno	25,0	17
Serramenti-W17	SE	2,3	1,10	0,400	0	Esterno	25,0	25
Serramenti-W17	SE	2,3	1,10	0,400	0	Esterno	25,0	25
Serramenti-W17	SE	2,3	1,10	0,400	0	Esterno	25,0	25
Serramenti-W17	SE	1,5	1,10	0,400	0	Esterno	25,0	17
Serramenti-W17	SE	1,5	1,10	0,400	0	Esterno	25,0	17
Serramenti-W17	SE	0,6	1,10	0,400	0	Esterno	25,0	7
Serramenti-W17	SE	0,6	1,10	0,400	0	Esterno	25,0	7
Serramenti-W17	SE	1,5	1,10	0,400	0	Esterno	25,0	17
Serramenti-W17	SE	1,5	1,10	0,400	0	Esterno	25,0	17
Serramenti-W17	SE	2,3	1,10	0,400	0	Esterno	25,0	25
Serramenti-W17	NE	2,3	1,20	0,400	0	Esterno	25,0	26
Serramenti-W17	NE	2,3	1,20	0,400	0	Esterno	25,0	26
Serramenti-W17	NW	1,5	1,15	0,400	0	Esterno	25,0	17
Serramenti-W17	NW	1,5	1,15	0,400	0	Esterno	25,0	17
Serramenti-W17	NW	2,3	1,15	0,400	0	Esterno	25,0	26
Serramenti-W17	NW	0,6	1,15	0,400	0	Esterno	25,0	7
Serramenti-W17	NW	0,6	1,15	0,400	0	Esterno	25,0	7
Serramenti-W17	NW	2,3	1,15	0,400	0	Esterno	25,0	26
Serramenti-W17	NW	0,6	1,15	0,400	0	Esterno	25,0	7
Serramenti-W17	NW	2,3	1,15	0,400	0	Esterno	25,0	26
Serramenti-W17	SW	0,6	1,05	0,400	0	Esterno	25,0	6
Serramenti-W17	SW	1,5	1,05	0,400	0	Esterno	25,0	16
Serramenti-W17	SW	1,5	1,05	0,400	0	Esterno	25,0	16
Serramenti-W17	NW	2,3	1,15	0,400	0	Esterno	25,0	26
Serramenti-W17	NW	1,5	1,15	0,400	0	Esterno	25,0	17
Serramenti-W17	NW	0,6	1,15	0,400	0	Esterno	25,0	7
Serramenti-W17	NW	1,5	1,15	0,400	0	Esterno	25,0	17
Serramenti-W17	NW	0,6	1,15	0,400	0	Esterno	25,0	7
Serramenti-W17	NW	2,3	1,15	0,400	0	Esterno	25,0	26
Serramenti-W17	NW	1,5	1,15	0,400	0	Esterno	25,0	17
Serramenti-W17	NW	1,5	1,15	0,400	0	Esterno	25,0	17
Angoli-C2	SE	3,0	1,10	0,100	0	Esterno	25,0	8
Angoli-C2	SE	3,0	1,10	0,100	0	Esterno	25,0	8
Angoli-C2	SE	3,0	1,10	0,100	0	Esterno	25,0	8
Angoli-C2	SE	3,0	1,10	0,100	0	Esterno	25,0	8
Angoli-C2	NW	3,0	1,15	0,100	0	Esterno	25,0	9
Angoli-C2	NW	3,0	1,15	0,100	0	Esterno	25,0	9
Angoli-C2	NW	3,0	1,15	0,100	0	Esterno	25,0	9
Angoli-C2	NW	3,0	1,15	0,100	0	Esterno	25,0	9
Angoli-C2	NW	3,0	1,15	0,100	0	Esterno	25,0	9
Copertura-R2	-	25,0	1,00	0,650	0	Esterno	25,0	405
Copertura-R2	-	21,5	1,00	0,650	0	Esterno	25,0	349

# Percorsi di sostenibilità

Stampa prodotta da **TERMOLOG EpiX 2**

Copertura-R2	-	8,0	1,00	0,650	0	Esterno	25,0	97
Copertura-R2	-	5,9	1,00	0,650	0	Esterno	25,0	95
Copertura-R2	-	21,6	1,00	0,650	0	Esterno	25,0	351
Copertura-R2	-	25,0	1,00	0,650	0	Esterno	25,0	405
Copertura-R2	-	21,4	1,00	0,650	0	Esterno	25,0	347
Copertura-R2	-	9,7	1,00	0,650	0	Esterno	25,0	158
Copertura-R2	-	0,3	1,00	0,650	0	Esterno	25,0	4
Copertura-R2	-	0,2	1,00	0,650	0	Esterno	25,0	2
Copertura-R2	-	5,9	1,00	0,650	0	Esterno	25,0	95
Copertura-R2	-	3,7	1,00	0,650	0	Esterno	25,0	60
Copertura-R2	-	21,5	1,00	0,650	0	Esterno	25,0	349
Pavimento-F2	-	25,0	1,00	0,800	0	Esterno	25,0	499
Pavimento-F2	-	21,5	1,00	0,800	0	Esterno	25,0	429
Pavimento-F2	-	6,0	1,00	0,800	0	Esterno	25,0	120
Pavimento-F2	-	5,9	1,00	0,800	0	Esterno	25,0	118
Pavimento-F2	-	21,6	1,00	0,800	0	Esterno	25,0	432
Pavimento-F2	-	25,0	1,00	0,800	0	Esterno	25,0	499
Pavimento-F2	-	21,4	1,00	0,800	0	Esterno	25,0	427
Pavimento-F2	-	9,7	1,00	0,800	0	Esterno	25,0	194
Pavimento-F2	-	5,9	1,00	0,800	0	Esterno	25,0	118
Pavimento-F2	-	3,7	1,00	0,800	0	Esterno	25,0	73
Pavimento-F2	-	21,5	1,00	0,800	0	Esterno	25,0	429
pavimento controllata	-	1.162,5	1,00	0,175	0	Terrreno	25,0	5.099
copertura controsoffitto	-	1.161,3	1,00	0,209	0	Locale a T costante	0,0	0
parete esterna	NW	47,1	1,15	0,190	0	Esterno	25,0	258
finestra1	NW	3,5	1,15	1,411	0	Esterno	25,0	140
finestra2	NW	1,4	1,15	1,648	0	Esterno	25,0	65
finestra1	NW	3,5	1,15	1,411	0	Esterno	25,0	140
finestra2	NW	1,4	1,15	1,648	0	Esterno	25,0	65
porta finestra1	NW	2,1	1,15	1,493	0	Esterno	25,0	89
finestra4	NW	2,1	1,15	1,502	0	Esterno	25,0	91
finestra1	NW	3,5	1,15	1,411	0	Esterno	25,0	140
parete esterna	SW	53,1	1,06	0,190	0	Esterno	25,0	265
finestra6	SW	11,7	1,05	1,405	0	Esterno	25,0	433
porta finestra2	SW	2,4	1,05	1,522	0	Esterno	25,0	97
porta finestra1	SW	2,1	1,05	1,493	0	Esterno	25,0	81
finestra4	SW	2,1	1,06	1,502	0	Esterno	25,0	83
finestra1	SW	3,5	1,05	1,411	0	Esterno	25,0	128
parete esterna	SE	54,0	1,10	0,190	0	Esterno	25,0	282
finestra2	SE	1,4	1,10	1,648	0	Esterno	25,0	63
finestra2	SE	1,4	1,10	1,648	0	Esterno	25,0	63
finestra1	SE	3,5	1,10	1,411	0	Esterno	25,0	134
finestra4	SE	2,1	1,10	1,502	0	Esterno	25,0	87
porta finestra1	SE	2,1	1,10	1,493	0	Esterno	25,0	85
parete esterna	NE	18,0	1,20	0,190	0	Esterno	25,0	102
parete esterna	NW	2,1	1,15	0,190	0	Esterno	25,0	11
finestra5	NW	15,6	1,15	1,471	0	Esterno	25,0	658
parete esterna	NE	11,0	1,20	0,190	0	Esterno	25,0	63
parete esterna	NE	60,7	1,20	0,190	0	Esterno	25,0	346
finestra6	NE	11,7	1,20	1,405	0	Esterno	25,0	465
porta finestra2	NE	2,4	1,20	1,522	0	Esterno	25,0	111
parete esterna	NW	48,6	1,15	0,190	0	Esterno	25,0	271
finestra1	NW	3,5	1,15	1,411	0	Esterno	25,0	140
finestra4	NW	2,1	1,15	1,502	0	Esterno	25,0	91
porta finestra1	NW	2,1	1,15	1,493	0	Esterno	25,0	89
finestra2	NW	1,4	1,15	1,648	0	Esterno	25,0	65
finestra7	NW	0,7	1,15	1,617	0	Esterno	25,0	31
porta finestra1	NW	2,1	1,15	1,493	0	Esterno	25,0	89
finestra7	NW	0,7	1,15	1,617	0	Esterno	25,0	31



# Percorsi di sostenibilità

Stampa prodotta da **TERMOLOG Epix 2**

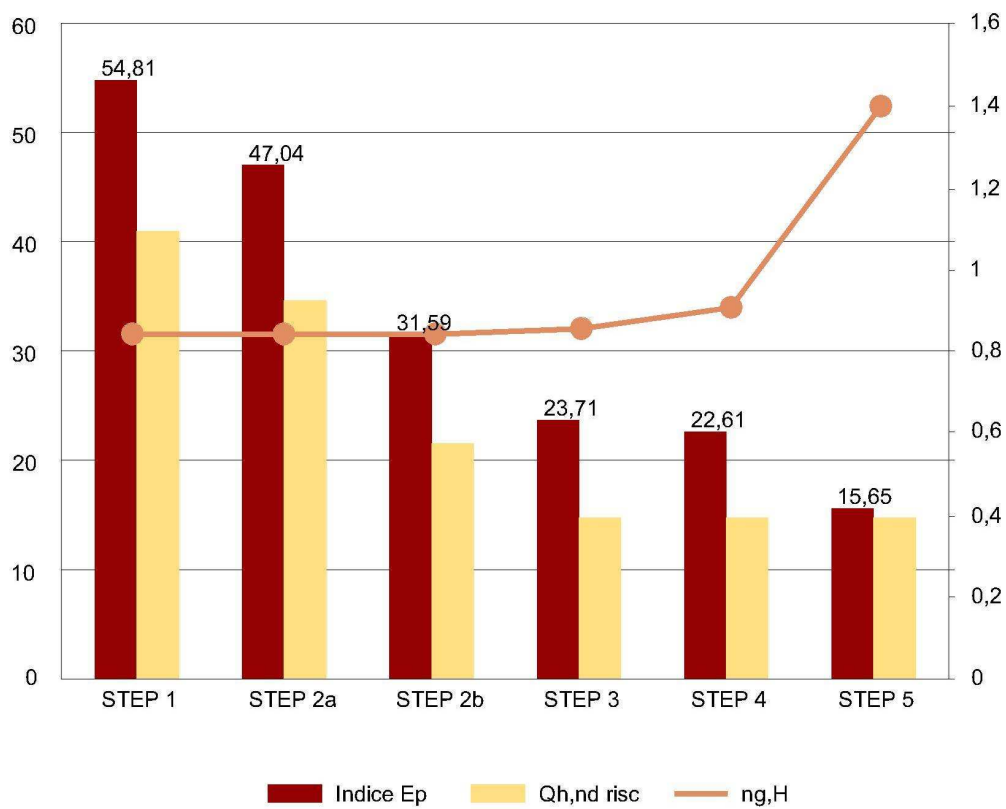
porta finestra1	NW	2,1	1,15	1,493	0	Esterno	25,0	89
parete esterna	SE	48,8	1,10	0,190	0	Esterno	25,0	245
finestra4	SE	2,1	1,10	1,502	0	Esterno	25,0	87
porta finestra1	SE	2,1	1,10	1,493	0	Esterno	25,0	85
finestra1	SE	3,5	1,10	1,411	0	Esterno	25,0	134
finestra2	SE	1,4	1,10	1,648	0	Esterno	25,0	63
finestra2'	SE	1,4	1,10	1,648	0	Esterno	25,0	63
finestra1	SE	3,5	1,10	1,411	0	Esterno	25,0	134
finestra4	SE	2,1	1,10	1,502	0	Esterno	25,0	87
porta finestra1	SE	2,1	1,10	1,493	0	Esterno	25,0	85
parete esterna	SW	0,2	1,05	0,190	0	Esterno	25,0	1
parete esterna	SE	4,4	1,10	0,190	0	Esterno	25,0	23
finestra3	SE	13,2	1,10	1,440	0	Esterno	25,0	525
parete esterna	SW	21,0	1,05	0,190	0	Esterno	25,0	105
finestra2	SW	1,4	1,05	1,648	0	Esterno	25,0	60
finestra1	SW	3,5	1,05	1,411	0	Esterno	25,0	128
finestra1	SW	3,5	1,05	1,411	0	Esterno	25,0	128
parete controterra	-	12,2	1,00	0,204	0	Terreno	10,0	11
parete controterra	-	9,2	1,00	0,204	0	Terreno	10,0	8
<b>Totale</b>								<b>19.382</b>
<b>TOTALE GENERALE</b>								<b>19.382</b>

Or: Orientamento delle strutture verso esterno  
 Dimens: Area o lunghezza dell'elemento disperdente al netto di eventuali aperture  
 Coeff di esposiz: Coefficiente di incremento della dispersione di progetto in funzione dell'esposizione  
 U: Trasmittanza della struttura o del ponte termico  
 PT: Coefficiente di maggiorazione in presenza di eventuali ponti termici  
 ΔT: Salto termico di progetto

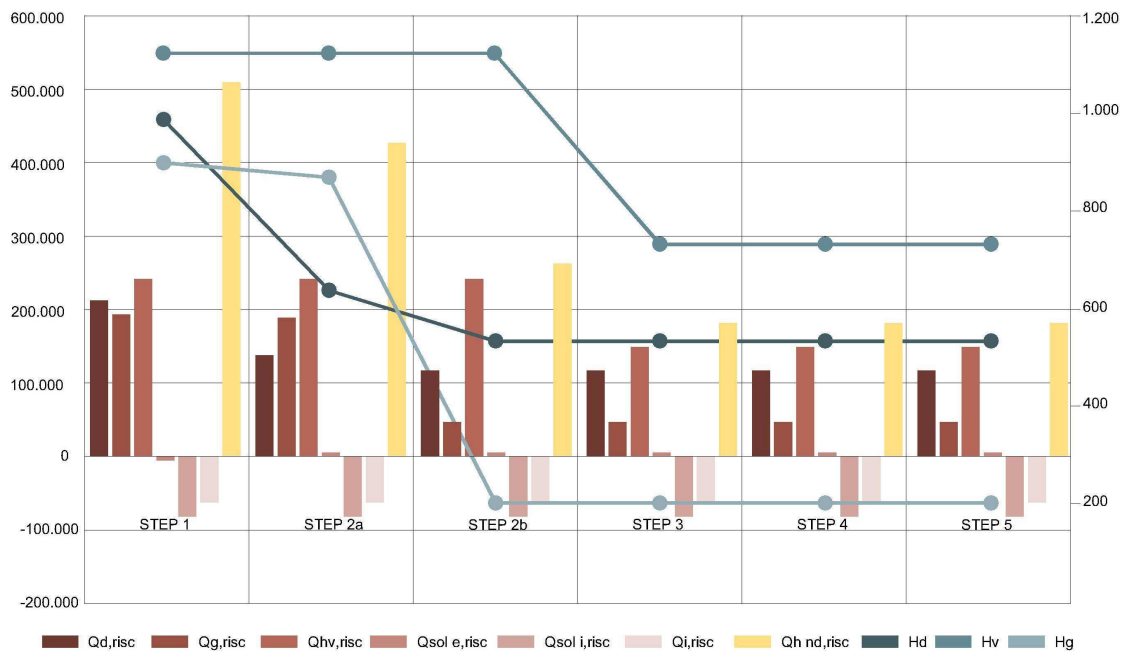
Stampa prodotta da **TERMOLOG Epix 2**

ATTRIBUZIONE DEI PONTI TERMICI AGLI ELEMENTI OPACHI DELL'INVOLUCRO					
Strutture verticali opache	Area m <sup>2</sup>	Ponte termico associato	Lunghezza m	Percentuale di influenza %	
Strutture orizzontali opache di pavimento	Area m <sup>2</sup>	Ponte termico associato	Lunghezza m	Percentuale di influenza %	
Strutture orizzontali opache di copertura	Area m <sup>2</sup>	Ponte termico associato	Lunghezza m	Percentuale di influenza %	
DISPERSIONI PER VENTILAZIONE					
Descrizione dell'ambiente	Ricambi o d'aria effettivo	Ricambi o d'aria minimo	Portata d'aria ricambiata dall'impianto di ventilazione meccanica m <sup>3</sup> /h	Portata d'aria circolante attraverso apparecchi di recupero del calore m <sup>3</sup> /h	Rendimento termico degli apparecchi di recupero del calore %
zona unica	0,89	0,00	9.380,213	1.866,557	0,770
Descrizione dell'ambiente	Volume netto m <sup>3</sup>		Dispersione W		
zona unica - Locale unico			2.424		
			27.473		



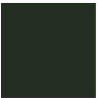


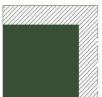

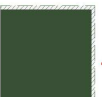
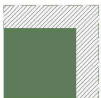
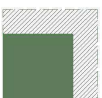




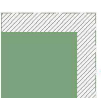


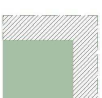
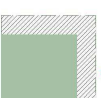



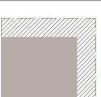

## ALLEGATO F

































Riduzione dell'indice Ep e incremento del rendimento impiantistico attraverso successivi step di intervento.



# Percorsi di sostenibilità

STEP		INDICE Ep		Hd	Hv	Hg
STEP 1						
STEP 2a		 -14%		 -36%		 -3%
STEP 2b		 -42%		 -45%		 -77%
STEP 3		 -57%		 -45%	 -35%	 -77%
STEP 4		 -59%		 -45%	 -35%	 -77%
STEP 5		 -71%		 -45%	 -35%	 -77%

Qd risc	Qg risc	Qhv risc	Qsol,e risc	Qsol,i risc	Qi risc	Qh,nd risc
						
 -36%	 -3%		 -66%			 -16%
 -45%	 -77%		 -77%	 -1%		 -48%
 -45%	 -77%	 -35%	 -77%	 -1%		 -64%
 -45%	 -77%	 -35%	 -77%	 -1%		 -64%
 -45%	 -77%	 -35%	 -77%	 -1%		 -64%



# Percorsi di sostenibilità

<u>Qd raffr</u>	<u>Qg raffr</u>	<u>Qcv raffr</u>	<u>Qsol,e raffr</u>	<u>Qsol,i raffr</u>	<u>Qi raffr</u>	<u>Qc,nd raffr</u>
-36%	-3%		-66%			+6%
-45%	-77%		-76%	-1%		+29%
-45%	-77%	-35%	-76%	-1%		+42%
-45%	-77%	-35%	-76%	-1%		+42%
-45%	-77%	-35%	-76%	-1%		+42%

Variazione dei coefficienti di dispersione e del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la stagione di riscaldamento e raffrescamento, in relazione ai diversi step di intervento.

## ALLEGATO G

# AERMEC

## ANZ

Pompe di calore condensati ad aria  
Con ventilatori assiali e potenze da 6,2 a 41,6 kW



Aermec partecipa al Programma di Certificazione EUROVENT. I prodotti interessati figurano nella Guida EUROVENT dei prodotti Certificati.

### R407C



- OTTIMIZZATO PER FUNZIONAMENTO IN POMPA DI CALORE
- COMPRESSORE A MAGGIOR EFFICIENZA
- FUNZIONAMENTO IN RISCALDAMENTO CON TEMPERATURE ESTERNE FINO A  $-15^{\circ}\text{C}$
- DISPONIBILI ANCHE NELLE VERSIONI CON POMPA DI CIRCOLAZIONE E ACCUMULO E NELLE VERSIONI CON RESISTENZA ELETTRICA INTEGRATIVA

### Caratteristiche

- Disponibili 10 grandezze
- Modelli a pompa di calore
- Disponibili 4 versioni:  
ANZ: Versione Standard  
ANZ A: Versione dotata di pompa di circolazione, vaso d'espansione, filtro acqua meccanico, serbatoio d'accumulo  
ANZ K: Versione dotata di pompa di circolazione, vaso d'espansione, filtro acqua meccanico, serbatoio d'accumulo con resistenza elettrica e controllo base  
ANZ J: Versione dotata di pompa di circolazione, vaso d'espansione, filtro acqua meccanico, serbatoio d'accumulo con resistenza elettrica e controllo evoluto
- Compressore scroll ad elevata resa e basso assorbimento elettrico
- Pressostato differenziale o flussostato, di serie
- Scheda elettronica di controllo e con temporizzazione avviamento e gestione dei cicli di sbrinamento
- Scambiatori ad alta efficienza
- Resistenza elettrica evaporatore
- Resistenza elettrica antigelo per il serbatoio d'accumulo
- Ventilatori assiali per un funzionamento silenzioso
- Mobile metallico di protezione con verniciatura poliestere anticorrosione

### Accessori

- BDG: Bacinella di raccolta condensa per unità esterna
- DCPK: Dispositivo basse temperature, consente un corretto funzionamento, in raffreddamento, con temperature esterne inferiori a  $19^{\circ}\text{C}$  e fino a  $-10^{\circ}\text{C}$ .
- DRE: Dispositivo elettronico di riduzione della corrente di spunto. Applicabile solo nelle versioni trifase in fabbrica.
- PR3: Pannello remoto semplificato. Consente di eseguire i controlli base dell'unità con segnalazione degli allarmi. Remotabile con cavo schermato fino a 30 m.
- PRD1: Pannello remoto intelligente. Replica a distanza le funzionalità del pannello a bordo macchina. Remotabile con cavo schermato fino a 150 m.
- VT: Supporti antivibranti.
- SDP: Scheda per remotare l'accessorio PR3 fino a 150 m.
- B4KW: Kit resistenza elettrica, disponibile sia con alimentazione trifase, che monofase (tale accessorio è disponibile solo per le unità di taglia 0207 - 0257 delle versioni K o J).
- B5KW: Kit resistenza elettrica, disponibile sia con alimentazione trifase, che monofase (tale accessorio è disponibile solo per le unità di taglia 0307 - 0417 delle versioni K o J).

# Dati tecnici

Mod. ANZ	Versione	0207	0257	0307	0417	0507	0807	0907	1007	1507	2007
Potenza frigorifera (kW)	Tutte	6,2	6,7	8,7	10,6	14,3	16,5	20,9	29,4	34,3	41,6
Potenza assorbita totale (kW)	Standard	2,5	2,6	3,3	3,6	4,6	5,3	6,8	9,4	11,6	13,9
	A	2,6	2,7	3,5	3,8	4,9	5,6	7,1	10,0	12,2	14,6
Corrente assorbita totale (A) 230V <sup>(*)</sup>	Standard	13,1	12,4	17,5	17,2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	A	13,9	12,9	18,4	19,3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Corrente assorbita totale (A) 400V	Standard	4,3	4,8	5,9	5,9	9,1	10,2	13,6	19,4	21,3	27,4
	A	5,6	6,1	7,6	8,3	10,4	11,3	15,1	21,1	23,3	28,8
Portata acqua (l/h)	Tutte	1070	1150	1500	1820	2460	2840	3590	5060	5900	7160
Pendite di carico (kPa)	Standard	5,0	4,5	31,5	28	40	24	30	30	28	35
	A	70	66	66	60	61	58	50	68	68	69
Prevalenza utile (kPa)	Tutte	8,1	8,5	10,3	12,1	16,1	17,3	22,6	33,8	38,0	47,3
Potenza termica (kW)	Standard	2,4	2,5	3,1	3,6	4,6	4,9	6,8	9,3	11,0	13,8
	A	2,6	2,7	3,3	3,8	4,9	5,2	7,1	9,9	11,7	14,5
Corrente assorbita totale (A) 230V <sup>(*)</sup>	Standard	12,5	11,7	15,8	16,4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	A	13,3	12,2	16,7	18,5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Corrente assorbita totale (A) 400V	Standard	4,4	4,5	5,6	5,7	9,3	10,2	13,5	18,4	20,3	27,1
	A	5,7	5,8	7,3	8,1	10,6	11,3	15,0	20,1	22,3	28,5
Portata acqua (l/h)	Tutte	1390	1460	1770	2080	2770	2980	3890	5810	6540	8140
Pendite di carico (kPa)	Standard	6	7	43	31,5	44	21	36	31	47	50
Resistenza integrativa (kW)	AK	4	4	5	5	6	8	10	13	18	20
Resistenza integrativa (kW)	AJ	4	4	5	5	6	8	10	13	18	20
Pressione sonora - db(A)	Tutte	30	37	37	33,5	38	38	36,5	44,5	45,5	46,5
Portata aria (m³/h)	Tutte	2500	3300	3450	5300	7000	6700	6450	13450	12400	12000
Attacchi idraulici (Ø femmina)	Std (IN)	1"	1"	1"	1"	1"	1"	1"	1"	1"	1"
	Std (OUT)	1"	1"	1"	1"	1"	1"	1"	1"	1"	1"
	A (IN)	1"	1"	1"	1"	1" 1/4	1" 1/4	1" 1/4	1" 1/2	1" 1/2	1" 1/2
	A (OUT)	1"	1"	1"	1"	1" 1/4	1" 1/4	1" 1/4	1" 1/4	1" 1/4	1" 1/4
Velocità pompe (m³)	A	3	3	3	3	3	3	3	1	1	1
Capacità vaso d'espansione (l)	A	2	2	2	5	5	5	5	8	8	8
Volume serbatoio (l)	A	25	25	35	35	75	75	75	145	145	145

<sup>(\*)</sup> - Si ricorda che per i modelli da 050 a 200 (con e senza accumulo), non è disponibile l'alimentazione 1-230 50 Hz.  
Si ricorda che l'alimentazione 3-230 50 Hz non è disponibile per nessun modello.

## ALLEGATO H

Stampa prodotta da **TERMOLOG** **PROGETTO DELL'ISOLAMENTO****COEFFICIENTI DI MAGGIORAZIONE**

Per lo svolgimento dei calcoli di progetto per l'isolamento dell'involucro dell'edificio sono stati introdotti i seguenti coefficienti di maggiorazione percentuale a seconda dell'esposizione delle strutture verticali dell'edificio, con riferimento alla norma UNI EN 12831 2006, paragrafo 6 dell'appendice NA (prospetto NA.3).

Esposizione a NORD: + 20 %

Esposizione a EST: + 15 %

Esposizione a NORD-EST: + 20 %

Esposizione a SUD-OVEST: + 5 %

Esposizione a SUD: + 0 %

Esposizione a OVEST: + 10 %

Esposizione a SUD-EST: + 10 %

Esposizione a NORD-OVEST: + 15 %

**COEFFICIENTI DI DISPERSIONE**

Strutture verticali opache	Trasmittanza $U$ $W/(m^2K)$	Trasmittanza corretta $U'$ $W/(m^2K)$	Trasmittanza limite $U_{limite}$ $W/(m^2K)$	Verifica di legge	
parete esterna xlam	0,178	0,178	-	-	
Strutture orizzontali opache di pavimento	Trasmittanza $U$ $W/(m^2K)$	Trasmittanza corretta $U'$ $W/(m^2K)$	Trasmittanza limite $U_{limite}$ $W/(m^2K)$	Verifica di legge	
solaio controterra	0,111	0,111	-	-	
Strutture orizzontali opache di copertura	Trasmittanza $U$ $W/(m^2K)$	Trasmittanza corretta $U'$ $W/(m^2K)$	Trasmittanza limite $U_{limite}$ $W/(m^2K)$	Verifica di legge	
copertura GHIAIA	0,181	0,181	-	-	
copertura lamiera	0,177	0,177	-	-	
copertura VERDE	0,146	0,146	-	-	
Elementi trasparenti	Trasmittanza $U$ $W/(m^2K)$	Trasmittanza limite $U_{limite}$ $W/(m^2K)$	Verifica di legge		
vetro	0,943	-	-		
Serramenti	Trasmittanza $U$ $W/(m^2K)$	Trasmittanza limite $U_{limite}$ $W/(m^2K)$	Verifica di legge		
FINESTRA 1	2,094	-	-		
FINESTRA 2	1,444	-	-		
PORTAFINESTRA 1	1,990	-	-		
PORTAFINESTRA 2	1,948	-	-		
PORTAFINESTRA 3	1,643	-	-		
PORTAFINESTRA 4	1,769	-	-		
PORTAFINESTRA 5	1,751	-	-		
Partizioni interne	Trasmittanza $U$ $W/(m^2K)$	Trasmittanza corretta $U'$ $W/(m^2K)$	Trasmittanza limite $U_{limite}$ $W/(m^2K)$	Verifica di legge	
Ponti termici			Trasmittanza lineica $\psi_i$ $W/(mK)$	Trasmittanza lineica $\psi_{oi}$ $W/(mK)$	Trasmittanza lineica $\psi_e$ $W/(mK)$

U' rappresenta la trasmittanza di un elemento opaco, tenendo conto di eventuali ponti termici associati ad esso

DISPERSIONI PER TRASMISSIONE								
Descrizione	Or	Dimens m o m <sup>2</sup>	Coeff di esposiz	U o $\psi$ W/(m <sup>2</sup> K)	PT %	Direzione esposizione	$\Delta T$ °C	Potenza W
<b>ZONA TERMICA MATERNA - Locale unico</b>								
copertura VERDE	N	375,1	1,20	0,146	0	Esterno	25,0	1.648
copertura GHIAIA	N	101,3	1,20	0,181	0	Esterno	25,0	551
copertura VERDE	N	171,9	1,20	0,146	0	Esterno	25,0	755
copertura VERDE	N	158,2	1,20	0,146	0	Esterno	25,0	695
copertura lamiera	N	46,2	1,20	0,177	0	Esterno	25,0	245
copertura lamiera	N	52,1	1,20	0,177	0	Esterno	25,0	277
copertura VERDE	N	142,9	1,20	0,146	0	Esterno	25,0	627
copertura VERDE	N	113,6	1,20	0,146	0	Esterno	25,0	499
copertura VERDE	N	76,3	1,20	0,146	0	Esterno	25,0	335
copertura lamiera	N	41,5	1,20	0,177	0	Esterno	25,0	221
copertura lamiera	N	49,1	1,20	0,177	0	Esterno	25,0	261
soiaio controterra	-	964,3	1,00	0,111	0	Terreno	10,0	1.066
parete esterna xlam	NE	11,7	1,20	0,178	0	Esterno	25,0	63
FINESTRA 1	NE	1,1	1,20	2,094	0	Esterno	25,0	71
FINESTRA 1	NE	1,1	1,20	2,094	0	Esterno	25,0	71
parete esterna xlam	E	31,6	1,15	0,178	0	Esterno	25,0	162
PORTAFINESTRA 1	E	1,7	1,15	1,990	0	Esterno	25,0	97
PORTAFINESTRA 1	E	1,7	1,15	1,990	0	Esterno	25,0	97
FINESTRA 1	E	1,1	1,15	2,094	0	Esterno	25,0	68
FINESTRA 1	E	1,1	1,15	2,094	0	Esterno	25,0	68
FINESTRA 1	E	1,1	1,15	2,094	0	Esterno	25,0	68
parete esterna xlam	N	68,8	1,20	0,178	0	Esterno	25,0	368
PORTAFINESTRA 1	N	1,7	1,20	1,990	0	Esterno	25,0	101
FINESTRA 1	N	1,1	1,20	2,094	0	Esterno	25,0	71
FINESTRA 1	N	1,1	1,20	2,094	0	Esterno	25,0	71
FINESTRA 1	N	1,1	1,20	2,094	0	Esterno	25,0	71
FINESTRA 1	N	1,1	1,20	2,094	0	Esterno	25,0	71
FINESTRA 1	N	1,1	1,20	2,094	0	Esterno	25,0	71
FINESTRA 1	N	1,1	1,20	2,094	0	Esterno	25,0	71
FINESTRA 1	N	1,1	1,20	2,094	0	Esterno	25,0	71
PORTAFINESTRA 1	N	1,7	1,20	1,990	0	Esterno	25,0	101
parete esterna xlam	E	27,3	1,15	0,178	0	Esterno	25,0	140
FINESTRA 1	E	1,1	1,15	2,094	0	Esterno	25,0	68
parete esterna xlam	S	45,9	1,00	0,178	0	Esterno	25,0	205
PORTAFINESTRA 3	S	3,6	1,00	1,643	0	Esterno	25,0	148
PORTAFINESTRA 3	S	3,6	1,00	1,643	0	Esterno	25,0	148
PORTAFINESTRA 3	S	3,6	1,00	1,643	0	Esterno	25,0	148
FINESTRA 2	S	5,8	1,00	1,444	0	Esterno	25,0	211
FINESTRA 2	S	5,8	1,00	1,444	0	Esterno	25,0	211
FINESTRA 2	S	5,8	1,00	1,444	0	Esterno	25,0	211
FINESTRA 2	S	5,8	1,00	1,444	0	Esterno	25,0	211
parete esterna xlam	W	28,2	1,10	0,178	0	Esterno	25,0	138
parete esterna xlam	E	28,2	1,15	0,178	0	Esterno	25,0	144
parete esterna xlam	E	36,0	1,15	0,178	0	Esterno	25,0	184
PORTAFINESTRA 2	E	2,5	1,15	1,948	0	Esterno	25,0	139
FINESTRA 1	E	1,1	1,15	2,094	0	Esterno	25,0	68
PORTAFINESTRA 1	E	1,7	1,15	1,990	0	Esterno	25,0	97
PORTAFINESTRA 1	E	1,7	1,15	1,990	0	Esterno	25,0	97

## Percorsi di sostenibilità

Stampa prodotta da **TERMOLOG** 

FINESTRA 1	E	1,1	1,15	2,094	0	Esterno	25,0	68
PORTAFINESTRA 1	E	1,7	1,15	1,990	0	Esterno	25,0	97
PORTAFINESTRA 1	E	1,7	1,15	1,990	0	Esterno	25,0	97
parete esterna xlam	N	65,6	1,20	0,178	0	Esterno	25,0	351
FINESTRA 1	N	1,1	1,20	2,094	0	Esterno	25,0	71
FINESTRA 1	N	1,1	1,20	2,094	0	Esterno	25,0	71
FINESTRA 1	N	1,1	1,20	2,094	0	Esterno	25,0	71
FINESTRA 1	N	1,1	1,20	2,094	0	Esterno	25,0	71
FINESTRA 1	N	1,1	1,20	2,094	0	Esterno	25,0	71
FINESTRA 1	N	1,1	1,20	2,094	0	Esterno	25,0	71
FINESTRA 1	N	1,1	1,20	2,094	0	Esterno	25,0	71
FINESTRA 1	N	1,1	1,20	2,094	0	Esterno	25,0	71
FINESTRA 1	N	1,1	1,20	2,094	0	Esterno	25,0	71
parete esterna xlam	E	14,9	1,15	0,178	0	Esterno	25,0	76
FINESTRA 1	E	1,1	1,15	2,094	0	Esterno	25,0	68
parete esterna xlam	N	4,0	1,20	0,178	0	Esterno	25,0	21
parete esterna xlam	E	11,3	1,15	0,178	0	Esterno	25,0	58
FINESTRA 1	E	1,1	1,15	2,094	0	Esterno	25,0	68
FINESTRA 1	E	1,1	1,15	2,094	0	Esterno	25,0	68
parete esterna xlam	S	45,9	1,00	0,178	0	Esterno	25,0	204
FINESTRA 2	S	5,8	1,00	1,444	0	Esterno	25,0	211
FINESTRA 2	S	5,8	1,00	1,444	0	Esterno	25,0	211
PORTAFINESTRA 3	S	3,6	1,00	1,643	0	Esterno	25,0	148
PORTAFINESTRA 3	S	3,6	1,00	1,643	0	Esterno	25,0	148
PORTAFINESTRA 3	S	3,6	1,00	1,643	0	Esterno	25,0	148
FINESTRA 2	S	5,8	1,00	1,444	0	Esterno	25,0	211
FINESTRA 2	S	5,8	1,00	1,444	0	Esterno	25,0	211
parete esterna xlam	W	28,4	1,10	0,178	0	Esterno	25,0	139
parete esterna xlam	E	28,7	1,15	0,178	0	Esterno	25,0	147
parete esterna xlam	E	32,6	1,15	0,178	0	Esterno	25,0	167
PORTAFINESTRA 1	E	1,7	1,15	1,990	0	Esterno	25,0	97
FINESTRA 1	E	1,1	1,15	2,094	0	Esterno	25,0	68
PORTAFINESTRA 1	E	1,7	1,15	1,990	0	Esterno	25,0	97
FINESTRA 1	E	1,1	1,15	2,094	0	Esterno	25,0	68
PORTAFINESTRA 1	E	1,7	1,15	1,990	0	Esterno	25,0	97
parete esterna xlam	W	27,4	1,10	0,178	0	Esterno	25,0	134
FINESTRA 1	W	1,1	1,10	2,094	0	Esterno	25,0	65
FINESTRA 1	W	1,1	1,10	2,094	0	Esterno	25,0	65
PORTAFINESTRA 1	W	1,7	1,10	1,990	0	Esterno	25,0	92
PORTAFINESTRA 1	W	1,7	1,10	1,990	0	Esterno	25,0	92
parete esterna xlam	S	20,7	1,00	0,178	0	Esterno	25,0	92
FINESTRA 1	S	1,1	1,00	2,094	0	Esterno	25,0	59
PORTAFINESTRA 1	S	1,7	1,00	1,990	0	Esterno	25,0	84
PORTAFINESTRA 1	S	1,7	1,00	1,990	0	Esterno	25,0	84
parete esterna xlam	W	20,2	1,10	0,178	0	Esterno	25,0	99
parete esterna xlam	W	15,1	1,10	0,178	0	Esterno	25,0	74
parete esterna xlam	W	14,1	1,10	0,178	0	Esterno	25,0	69
parete esterna xlam	N	24,9	1,20	0,178	0	Esterno	25,0	133
PORTAFINESTRA 1	N	1,7	1,20	1,990	0	Esterno	25,0	101
PORTAFINESTRA 1	N	1,7	1,20	1,990	0	Esterno	25,0	101
FINESTRA 1	N	1,1	1,20	2,094	0	Esterno	25,0	71
FINESTRA 1	N	1,1	1,20	2,094	0	Esterno	25,0	71
FINESTRA 1	N	1,1	1,20	2,094	0	Esterno	25,0	71
FINESTRA 1	N	1,1	1,20	2,094	0	Esterno	25,0	71



## Percorsi di sostenibilità

Stampa prodotta da **TERMOLOG** 

parete esterna xlam	W	13,7	1,10	0,178	0	Esterno	25,0	67
PORTAFINESTRA 1	W	1,7	1,10	1,990	0	Esterno	25,0	92
PORTAFINESTRA 1	W	1,7	1,10	1,990	0	Esterno	25,0	92
FINESTRA 1	W	1,1	1,10	2,094	0	Esterno	25,0	65
parete esterna xlam	S	25,4	1,00	0,178	0	Esterno	25,0	113
FINESTRA 1	S	1,1	1,00	2,094	0	Esterno	25,0	59
PORTAFINESTRA 1	S	1,7	1,00	1,990	0	Esterno	25,0	84
PORTAFINESTRA 1	S	1,7	1,00	1,990	0	Esterno	25,0	84
PORTAFINESTRA 1	S	1,7	1,00	1,990	0	Esterno	25,0	84
parete esterna xlam	NW	21,0	1,15	0,178	0	Esterno	25,0	108
parete esterna xlam	NW	20,3	1,15	0,178	0	Esterno	25,0	104
parete esterna xlam	N	19,1	1,20	0,178	0	Esterno	25,0	102
FINESTRA 1	N	1,1	1,20	2,094	0	Esterno	25,0	71
PORTAFINESTRA 1	N	1,7	1,20	1,990	0	Esterno	25,0	101
PORTAFINESTRA 1	N	1,7	1,20	1,990	0	Esterno	25,0	101
parete esterna xlam	W	13,4	1,10	0,178	0	Esterno	25,0	66
PORTAFINESTRA 1	W	1,7	1,10	1,990	0	Esterno	25,0	92
FINESTRA 1	W	1,1	1,10	2,094	0	Esterno	25,0	65
PORTAFINESTRA 1	W	1,7	1,10	1,990	0	Esterno	25,0	92
parete esterna xlam	S	14,8	1,00	0,178	0	Esterno	25,0	66
FINESTRA 1	S	1,1	1,00	2,094	0	Esterno	25,0	59
FINESTRA 1	S	1,1	1,00	2,094	0	Esterno	25,0	59
FINESTRA 1	S	1,1	1,00	2,094	0	Esterno	25,0	59
parete esterna xlam	NW	21,7	1,15	0,178	0	Esterno	25,0	111
parete esterna xlam	NW	17,6	1,15	0,178	0	Esterno	25,0	90
PORTAFINESTRA 5	NW	2,4	1,15	1,751	0	Esterno	25,0	122
<b>Totale</b>								<b>19.525</b>
<b>zona termica nido - Locale unico</b>								
copertura lamiera	N	100,4	1,20	0,177	0	Esterno	25,0	533
solaio controterra	-	482,9	1,00	0,111	0	Terreno	10,0	534
parete esterna xlam	N	33,9	1,20	0,178	0	Esterno	25,0	181
parete esterna xlam	E	33,0	1,15	0,178	0	Esterno	25,0	169
FINESTRA 1	E	1,1	1,15	2,094	0	Esterno	25,0	68
PORTAFINESTRA 1	E	1,7	1,15	1,990	0	Esterno	25,0	97
PORTAFINESTRA 1	E	1,7	1,15	1,990	0	Esterno	25,0	97
FINESTRA 1	E	1,1	1,15	2,094	0	Esterno	25,0	68
FINESTRA 1	E	1,1	1,15	2,094	0	Esterno	25,0	68
FINESTRA 1	E	1,1	1,15	2,094	0	Esterno	25,0	68
parete esterna xlam	N	61,0	1,20	0,178	0	Esterno	25,0	326
FINESTRA 1	N	1,1	1,20	2,094	0	Esterno	25,0	71
FINESTRA 1	N	1,1	1,20	2,094	0	Esterno	25,0	71
FINESTRA 1	N	1,1	1,20	2,094	0	Esterno	25,0	71
FINESTRA 1	N	1,1	1,20	2,094	0	Esterno	25,0	71
FINESTRA 1	N	1,1	1,20	2,094	0	Esterno	25,0	71
PORTAFINESTRA 1	N	1,7	1,20	1,990	0	Esterno	25,0	101
PORTAFINESTRA 1	N	1,7	1,20	1,990	0	Esterno	25,0	101
parete esterna xlam	E	21,5	1,15	0,178	0	Esterno	25,0	110
FINESTRA 1	E	1,1	1,15	2,094	0	Esterno	25,0	68
parete esterna xlam	N	2,9	1,20	0,178	0	Esterno	25,0	15
parete esterna xlam	E	13,8	1,15	0,178	0	Esterno	25,0	71
parete esterna xlam	S	47,2	1,00	0,178	0	Esterno	25,0	210
PORTAFINESTRA 4	S	6,8	1,00	1,769	0	Esterno	25,0	299
PORTAFINESTRA 3	S	3,6	1,00	1,643	0	Esterno	25,0	148
PORTAFINESTRA 3	S	3,6	1,00	1,643	0	Esterno	25,0	148

## Percorsi di sostenibilità

Stampa prodotta da **TERMOLOG EpiX2**

FINESTRA 2	S	5,8	1,00	1,444	0	Esterno	25,0	211
FINESTRA 2	S	5,8	1,00	1,444	0	Esterno	25,0	211
FINESTRA 2	S	5,8	1,00	1,444	0	Esterno	25,0	211
FINESTRA 2	S	5,8	1,00	1,444	0	Esterno	25,0	211
parete esterna xlam	W	76,6	1,10	0,178	0	Esterno	25,0	375
<b>Totale</b>								<b>5.121</b>
<b>TOTALE GENERALE</b>								<b>24.646</b>

Or: Orientamento delle strutture verso esterno  
 Dimens: Area o lunghezza dell'elemento disperdente al netto di eventuali aperture  
 Coeff di esposiz: Coefficiente di incremento della dispersione di progetto in funzione dell'esposizione  
 U: Trasmittanza della struttura o del ponte termico  
 PT: Coefficiente di maggiorazione in presenza di eventuali ponti termici  
 ΔT: Salto termico di progetto

Stampa prodotta da **TERMOLOG EpiX2**

ATTRIBUZIONE DEI PONTI TERMICI AGLI ELEMENTI OPACHI DELL'INVOLUCRO					
Strutture verticali opache	Area m <sup>2</sup>	Ponte termico associato	Lunghezza m	Percentuale di influenza %	
Strutture orizzontali opache di pavimento	Area m <sup>2</sup>	Ponte termico associato	Lunghezza m	Percentuale di influenza %	
Strutture orizzontali opache di copertura	Area m <sup>2</sup>	Ponte termico associato	Lunghezza m	Percentuale di influenza %	
DISPERSIONI PER VENTILAZIONE					
Descrizione dell'ambiente	Ricambio d'aria effettivo	Ricambio d'aria minimo	Portata d'aria ricambiata dall'impianto di ventilazione meccanica m <sup>3</sup> /h	Portata d'aria circolante attraverso apparecchi di recupero del calore m <sup>3</sup> /h	Rendimento termico degli apparecchi di recupero del calore %
ZONA TERMICA MATERNA	0,14	0,00	2.866,219	1.842,570	0,900
zona termica nido	0,14	0,00	1.420,160	912,960	0,900
Descrizione dell'ambiente	Volume netto m <sup>3</sup>		Dispersione W		
ZONA TERMICA MATERNA - Locale unico			2.047		
zona termica nido - Locale unico			1.014		



## 6. BIBLIOGRAFIA TEMATICA

### *Scuole sostenibili*

- Airoidi, R.; Bottino, P. L.; Giovenale, F.; Gualandi, G.; Gualdi, F.; Merlo, R.; Ogliaro, M., *Manuale di edilizia scolastica*, NIS, Urbino 1982
- Bisceglia, C., *Domotica e sostenibilità energetica degli edifici*, in “Industria delle costruzioni”, n°407, 2009, pp.98-103
- Boeri, A., *Criteri di progettazione ambientale*, Editoriale Delfino, Milano 2007
- Canizares, A. G., *Kindergartens, schools and playgrounds*, Loft Publications, Barcelona 2008
- Capolongo, S.; Daglio, L.; Oberti, I., *Edificio, Salute, Ambiente, Tecnologie sostenibili per l'igiene edilizia e ambientale*, Oepi, Milano 2007
- Castelli, L., *Architettura sostenibile*, Utet, Torino 2008
- Codazza, D.; Emilia, C.; Facchini, U.; Hartmann, E; Konig, H.; Sasso, U., *Bioarchitettura*, Maggioli Editore, Rimini 1992
- Comandini, S.; Dal Fiume, A.; Ratti, A., *Architettura sostenibile*, Pitagora Editrice, Bologna 1998
- Dell'acqua, A.; Battaglia, A.; Battaglia, M.; Degli Esposti, V., *Modelli di organizzazione spaziale e tipologie edilizie per la scuola della prima infanzia*, Editrice CLUEB, Bologna 1983
- Direzione Generale per gli Ordinamenti Scolastici e per l'Autonomia Scolastica (a cura di), *Percorsi di Educazione per la Sostenibilità nelle scuole dell'infanzia e nel primo ciclo di istruzione*, Le Monnier, Firenze 2009
- Francese, D., *Architettura bioclimatica*, Utet, Torino 1996
- Gamberini, I., *Il progetto della scuola-Contributo all'analisi per una progettazione strutturale dello spazio educativo*, Faenza Editrice, Faenza 1976
- Gauzin, D., *Architettura sostenibile*, Edizioni Ambiente, Milano 2003Hegger Fuchs Stark Zeumer, *Atlante della sostenibilità*, Utet, Torino 2008
- Leschiutta, F. E.; Viscardi, F., *Strutture educative da 0 a 6 anni*, Gangemi Editore, Roma 2004
- Minguzzi, G., *Architettura sostenibile, una scelta responsabile per lo sviluppo equilibrato*, Skira, Milano 2008
- Monti, C., *Costruire sostenibile*, Alinea Editrice, Firenze 2000

- Quattrocchi, L., *Architetture per l'infanzia, asili nido e scuole materne in Italia 1930/1960*, Umberto Allemandi & C., Torino 2009
- Sasso, U., *Bioarchitettura, forma e formazione*, Alinea Editrice, Firenze 2003
- Tiezzi, E.; Marchettini, N., *Che cos'è lo sviluppo sostenibile?*, Donzelli Editore, Roma 1999
- E. G., *Architettura, sostenibilità e Mediterraneo*, in "Ottagono", n°147, 2001, pp.112-113
- Mac & Pac, *Portfolio: Sostenibilità*, in "Abitare", n°482, 2008, pp.158-165
- Manzini, E., *Progettare la sostenibilità*, in "Domus", n°789, 1997, pp.43-63
- Scudo, G., *Architettare la sostenibilità*, in "Domus", n°911, 2008, pp.94-95

#### *Il contesto e l'intervento*

- Aramini, A.; Ferri, V.; Gori, M.; Marchini, R., *Ville e paesaggio a Bertinoro*, Edizioni Romagna arte e storia, Rimini 1985
- Assessorato alla Cultura de Comune di Bertinoro, (a cura di), *L'archeologo scopre la storia: Luigi M. Ugolini (1895-1936)*, Giornata Internazionale di Studi, Bertinoro 1996
- Gatti, L., *Bertinoro: notizie storiche*, Grafiche MDM, Forlì 1991
- Mazzotti, S., *Storia di Bertinoro*, Società Editrice "Il Ponte Vecchio", Cesena 1998
- Novaga, M., *Bertinoro nella Romagna: i valori culturali in un'era di cambiamento*, Società Editrice "Il Ponte Vecchio", Cesena 2003
- Pressimone, S.; Torrisi, P., *Bertinoro: arte, storia e paesaggio*, Editrice La Mandragora, Imola 2001
- Vasina, A., *Storia di Bertinoro*, Società Editrice "Il Ponte Vecchio", Cesena 2006

#### *La modellazione energetica*

- Cammarata, G., *Fisica tecnica ambientale*, McGraw-Hill, Milano 2007
- Cascio, S., *certificazione energetica degli edifici*, Grafill, Palermo 2007
- Fabbri, K., *Risparmio energetico in edilizia*, Tipografia del Genio Civile, Roma 2008

- Filippi, M.; Rizzo, G., *Certificazione energetica e verifica ambientale degli edifici*, dario Flaccovio Editore, Palermo 2007
- Grasso, M., *Il raffrescamento passivo degli edifici*, Maggioli Editore, Rimini, 2008
- Ricciardi, P., *Elementi di acustica e illuminotecnica*, McGraw-Hill, Milano 2009



## ELENCO ELABORATI GRAFICI

- 01 \_ Bertinoro comune policentrico
- 02 \_ A scuola a piedi
- 03 \_ Verifica degli standard qualitativi
- 04 \_ Verifica degli standard qualitativi
- 05 \_ Fase 2
- 06 \_ Comfort luminoso
- 07 \_ Pelle metallica
- 08 \_ Inserimento urbano – Ipotesi A
- 09 \_ Attacco a terra – Ipotesi A
- 10 \_ Attacco a terra – Ipotesi A
- 11 \_ La sezione tecnologica – Ipotesi A
- 12 \_ L'unità pedagogica – Ipotesi A
- 13 \_ Inserimento urbano – Ipotesi B
- 14 \_ Attacco a terra – Ipotesi B
- 15 \_ Attacco a terra – Ipotesi B
- 16 \_ L'unità pedagogica – Ipotesi B
- 17 \_ La scatola di luce – Ipotesi B
- 18 \_ Scenari



Quando qualche anno fa intrapresi questo viaggio non avrei mai immaginato che questo avrebbe potuto cambiare così tanto me stessa e la mia vita.

In questi anni ho conosciuto persone nuove e provato sensazioni mai provate prima, che mi hanno fatto crescere, spero migliorare.

Ora che tutto questo è giunto alla fine mi trovo di fronte al momento dei ringraziamenti; sono molti i *grazie* che dovrei dire, molte quelle persone che mi hanno aiutato in qualsiasi modo a trovarmi qui e poter scrivere queste righe e spero di trovare le parole più giuste.

*Grazie* a mio padre, mia madre, mio fratello,

loro sono i primi a cui dedico i miei ringraziamenti perché senza di loro tutto ciò non sarebbe mai iniziato, né tantomeno continuato;

*grazie* a Chiara,

mia compagna di tesi, perché con la sua caparbia mi ha spinto sempre a guardare avanti e a non fermarmi mai;

*grazie* a Serena,

per tutte le chiacchierate in macchina;

*grazie* a Veronica, a Claudia, Alessandro e Giulia,

perché in questi sei anni si sono dimostrati degli amici, sono diventati speciali. Non dimenticherò mai i momenti che abbiamo vissuto insieme in laboratorio, nei week end di studio, ai pranzi insieme e soprattutto l'aiuto che mi hanno dato, in particolar modo in questi ultimi giorni;

*grazie* ai professori,

che con i loro insegnamenti e le loro parole mi hanno introdotto a questo mondo;

*grazie* infine a coloro che, estranei a questo mondo, riempiono la mia vita:

a Gloria,

amica insostituibile di una vita, per tutto l'affetto, il supporto e l'incitazione che non è mai venuto a mancare,

a Sara, Elisa e tutti gli amici di uscite, perché hanno saputo distrarmi e allietarmi anche nei momenti più difficili;

e a colui che ha reso questi due ultimi anni speciali, che ha vissuto con me le gioie più intense e i momenti più bui, colui che ha sempre creduto in me e che era presente

quando io perdevo la fiducia in me stessa, colui che è stato la mia forza per arrivare fino a qui...*grazie* di cuore Fede.

Elisa



Questi cinque anni di università sono stati lunghi e faticosi, hanno portato pianti e sconforto ma anche tanta soddisfazione.

Ho avuto modo di incontrare persone che mi hanno sostenuta, aiutata e soprattutto sopportata.

Un *grazie* a mio padre, che ha accettato gli sfoghi e ha sempre avuto fiducia nelle mie capacità, più di quanta ne avessi io. A lui sono grata per avermi reso più forte in tutti questi mesi, per gli abbracci pieni di amore.

Un *grazie* particolare va ad Elisa, compagna di tesi paziente e introversa, molto simile a me. A lei va un grande ringraziamento per avermi accompagnata in questo ultimo tratto del percorso, il più impegnativo., riuscendo a intravedere il lato positivo delle cose anche quando sembrava impossibile.

Grazie davvero, per i sorrisi strappati nei momenti difficili e le litigate che ci hanno reso più forti.

*Grazie* a tutti i compagni che ho incontrato in questi anni, non solo semplici compagni di esami e notti ma confidenti.

In particolare grazie a Simone, il mio falegname preferito; a Chiara, la disponibilità e dolcezza in persona; a Giorgia, una bella scoperta.

Un ringraziamento va a tutti i professori che in questo tempo mi hanno sostenuta e resa una persona più sicura; a loro va un *grazie* per avermi fatto apprezzare questa facoltà, nonostante i tanti momenti di sconforto.

Infine un *grazie* a tutti coloro che in qualche modo hanno condiviso questa mia esperienza e mi sono stati accanto, con la testa e con il cuore.

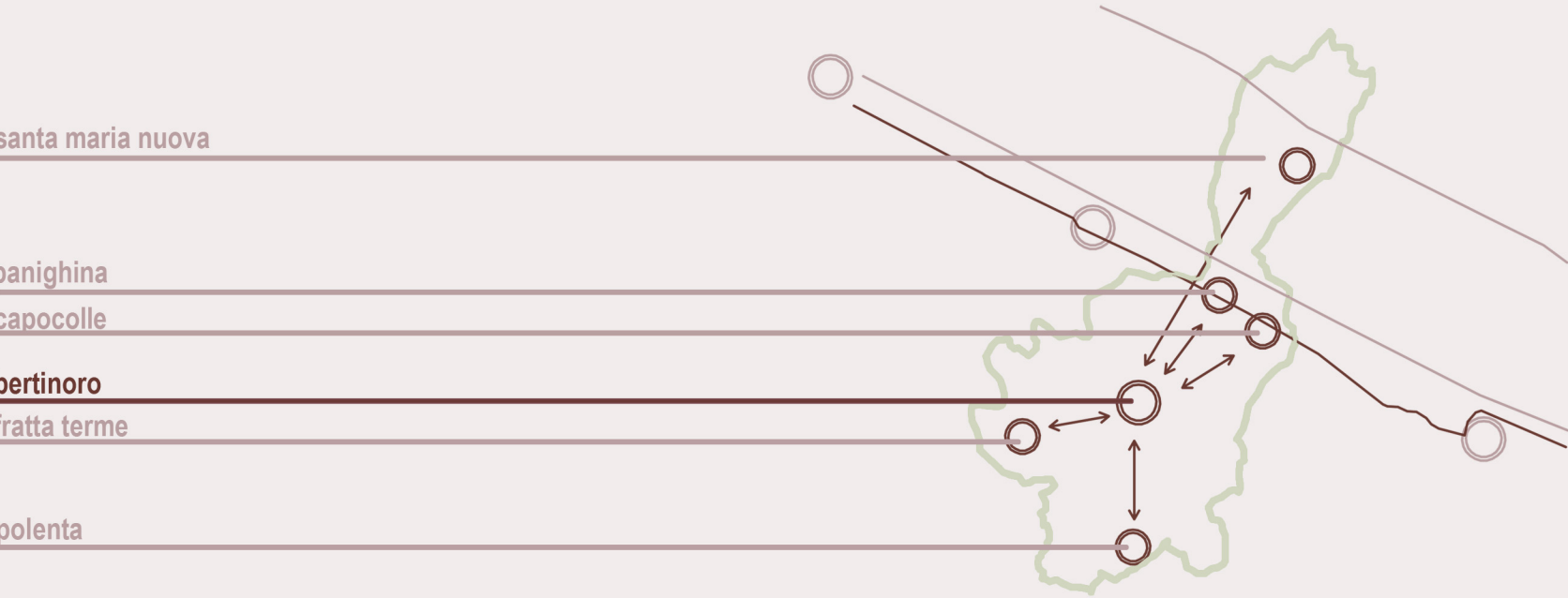
Chiara





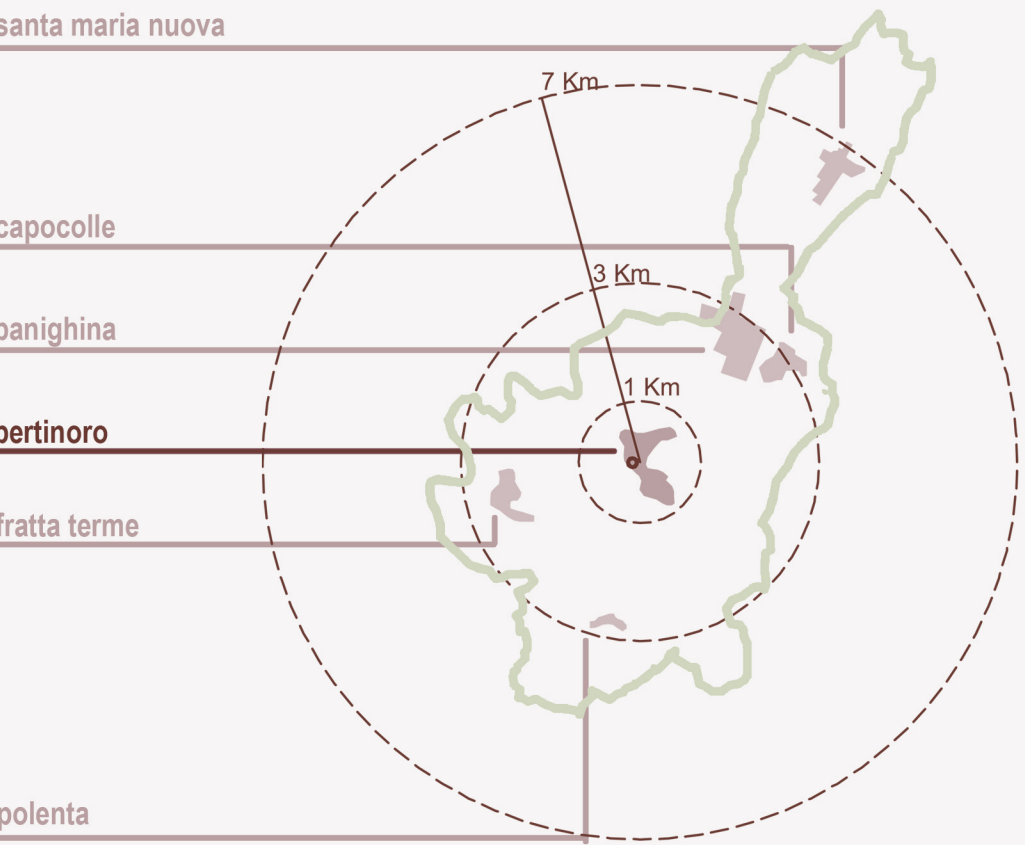
bertinoro comune policentrico

relazioni e flussi tra bertinoro capoluogo e le frazioni del comune



distanze e tempi di percorrenza

accessibilità di bertinoro capoluogo da ogni frazione del territorio



raggi di distanza	tempi di percorrenza	
1km: bertinoro capoluogo	3'	9'
3 km	8'	13'
7 km: territorio comunale totale	15'	22'

sezione AA

+ 328 m s.l.m

+ 290 m s.l.m

+ 150 m. s.l.m

+ 13 m s.l.m

montemaggio

bertinoro: rocca

scuola materna 'coccinella'

panighina

scuole per l'infanzia a bertinoro

alma mater studiorum • università di bologna • facoltà di architettura aldo rossi • a a 2009 • 2010 • laboratorio di sintesi finale architettura ecoefficiente profi a. boeri • e. antonini • a. maahsen milan • k. fabbri • l. trombetti • relatore prof e.antonini • corr profi a. maahsen milan • k. fabbri • l. mambelli

elisa bruschi • chiara giunchi

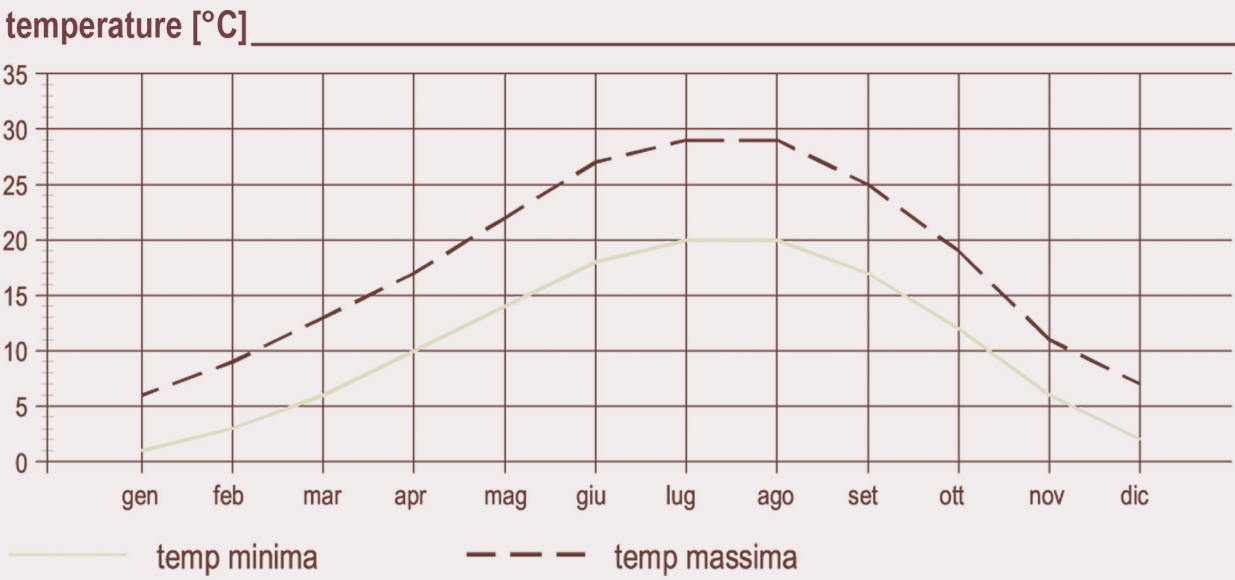
di sostenibilità

bertinoro comune policentrico

01

scuola materna 'coccinella'

città: emilia romagna, bertinoro (fc), via allende 357  
superficie territorio comunale: 5.689 hm²  
altitudine: 254 m s.l.m.  
latitudine: 44° 8' 58" 56 N  
longitudine: 12° 8' 6" 72 E  
gradi giorno: 2.435  
zona climatica: E



s. maria nuova  
scuola elementare  
'p. amaducci'

scuola materna, asilo nido  
'g. nadiani'

scuola materna  
'il cucciolo'

panighina

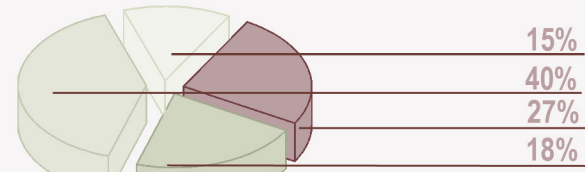
capocolle

bertinoro  
scuola media  
'p. amaducci'

scuola elementare  
'f. rossi'

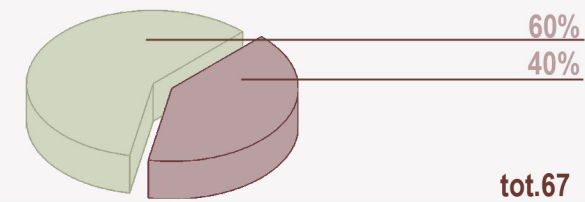
scuola materna  
'coccinella'  
asilo nido 'il bruco'

scuola materna	n° alunni
'la coccinella' bertinoro, via allende 39	108
'il cucciolo' s. maria nuova, via della palestra	75
'g. nadiani' s. maria nuova, via p. neruda 170	160
'mariele ventre' fratta terme, via loreta 103	62



tot. 45

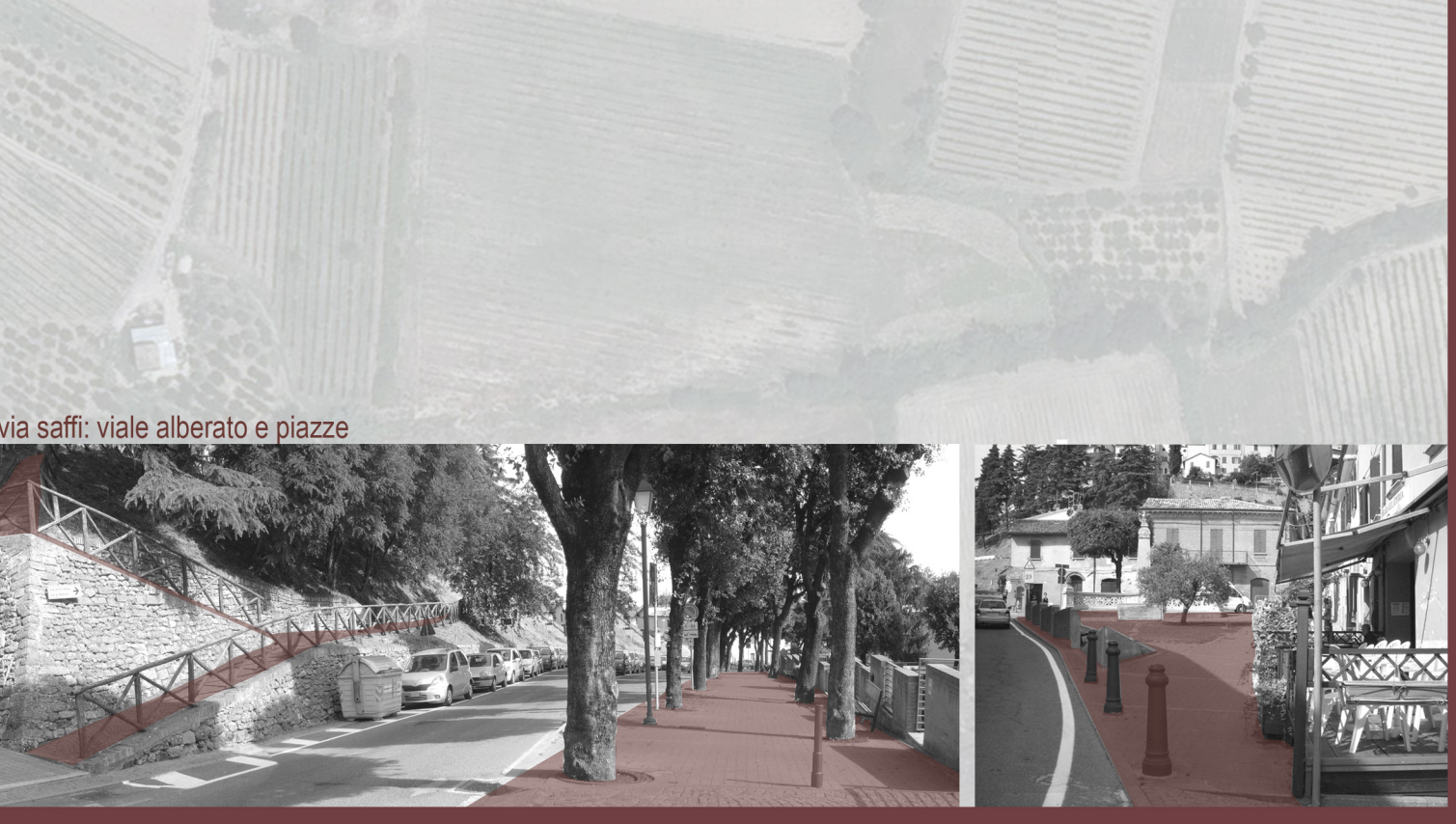
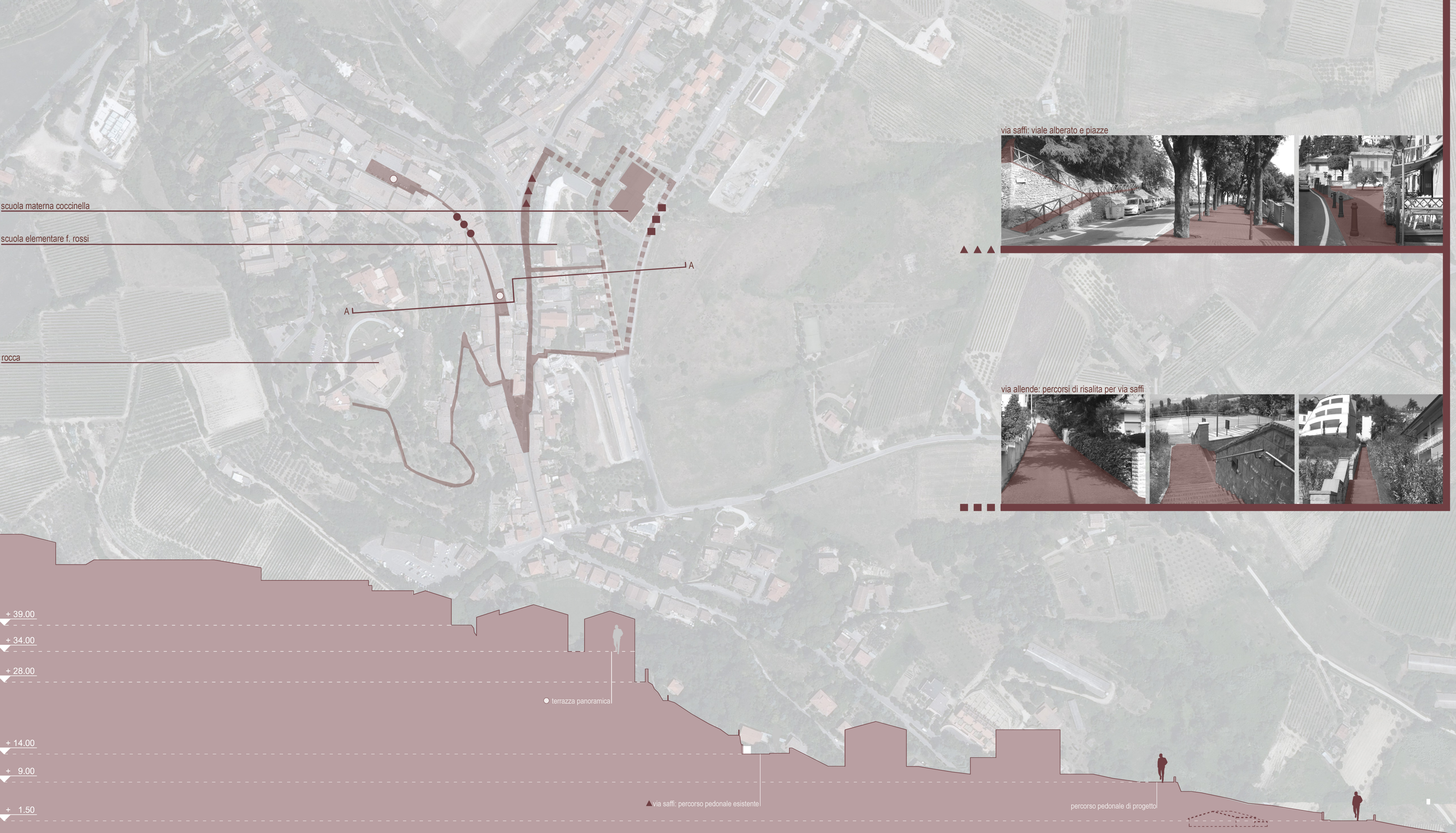
asilo nido	n° alunni
'il bruco' bertinoro, via allende 39	21
'g. nadiani' s. maria nuova, via p. neruda 170	46



tot.67

bertinoro, via allende 39 scuola materna + asilo nido	tot. 129 alunni
--	-----------------







fas

1  
riqualificazione  
energetica e funzionale

2  
addizione  
realizzazione di un asilo nido

3  
sostituzione  
realizzazione di una nuova scuola materna



sezione AA scala 1:200

- discontinuità della rete pedonale
- frazionamento del polo scolastico
- limitata fruibilità dei percorsi per le persone disabili
- area di parcheggio insufficiente alla dotazione scolastica

collegamenti urbani

- debolezza dell'ingresso principale
- inaccessibilità dell'ingresso ai disabili

accessibilità



<1 via saffi: viale alberato, scuola elementare



<2 percorso di discesa da via saffi, ingresso secondario elementari



<3 ingresso principale alla scuola materna, parcheggio



<4 traguardo visivo: valle e montemaggio

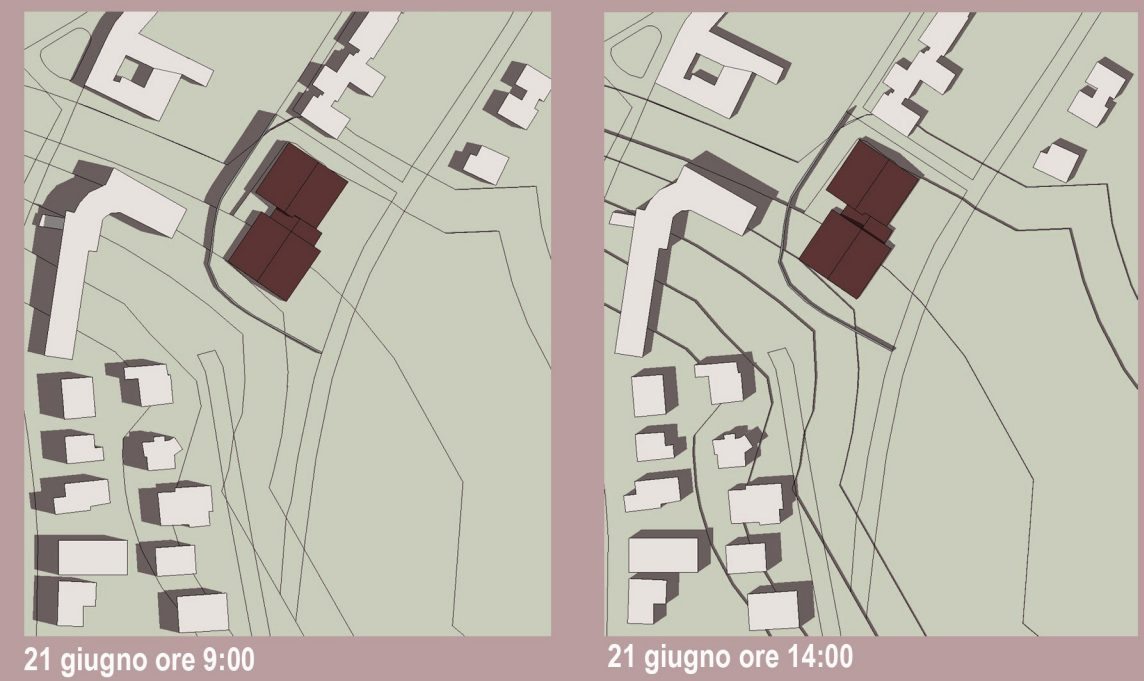




nel periodo invernale la mancanza di ombreggiatura sul fronte sud-est consente di ottenere apporti solari favorevoli nonostante la profondità dei campi d'ombra

21.12 ore 9:00  
15.9°

21.12 ore 14:00  
17°



nel periodo estivo è da prevedere un sistema di schermature sui fronti sud-est e sud-ovest per evitare il surriscaldamento negli ambienti interni

21.06 ore 9:00  
53°

21.06 ore 14:00  
59°

soleggiamento area di intervento

scuola materna 'coccinella' tot. 1200 mq

unità pedagogiche materna  
350 mq

unità pedagogica nido  
170 mq

ingresso comune  
88 mq

sezione blu - 28 bambini

sezione nido - 21 bambini

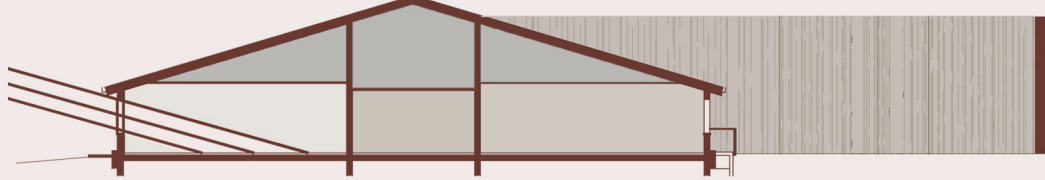
sezione verde - 27 bambini

sezione gialla - 26 bambini

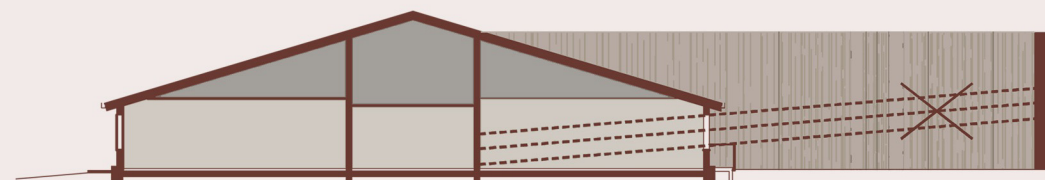
sezione rossa - 27 bambini

compresenza scuola materna - asilo nido

21 dicembre ore 10:00 15.68°



21 dicembre ore 16:00 4.71°

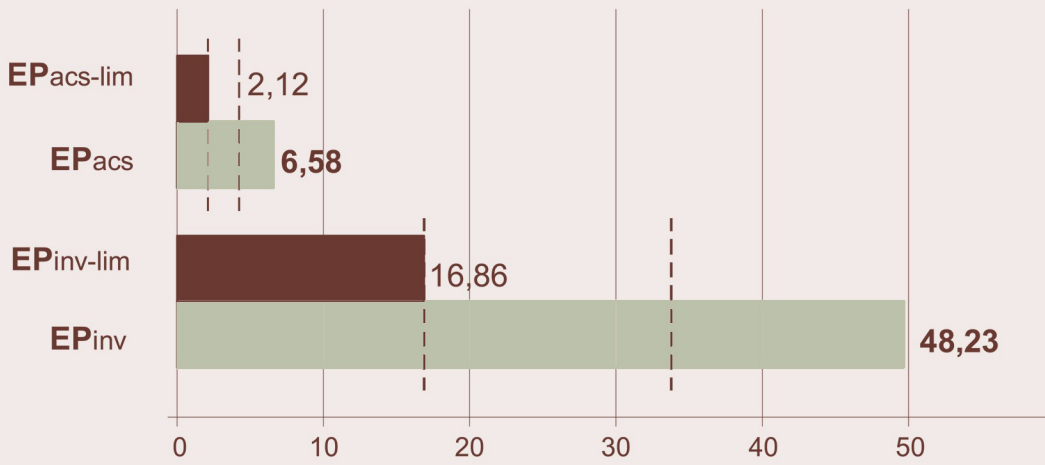


valore medio: 155,28 lux (< lux<sub>min</sub> = 300 )



esposizione delle sezioni

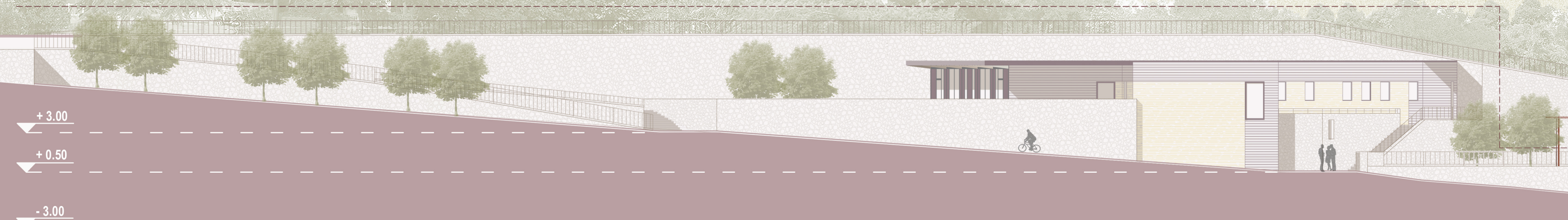
l'edificio ha un consumo tre volte superiore ai limiti di legge



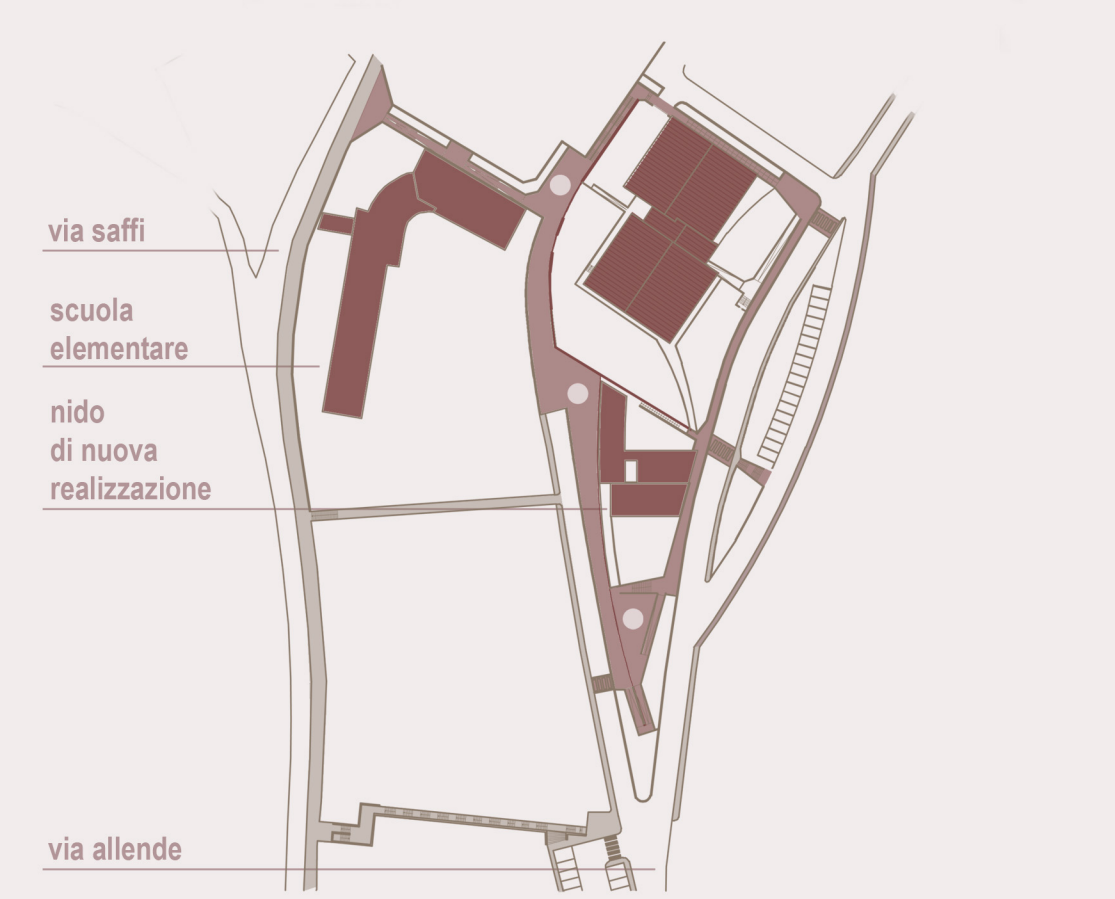
prestazioni energetiche

sezione BB scala 1:200



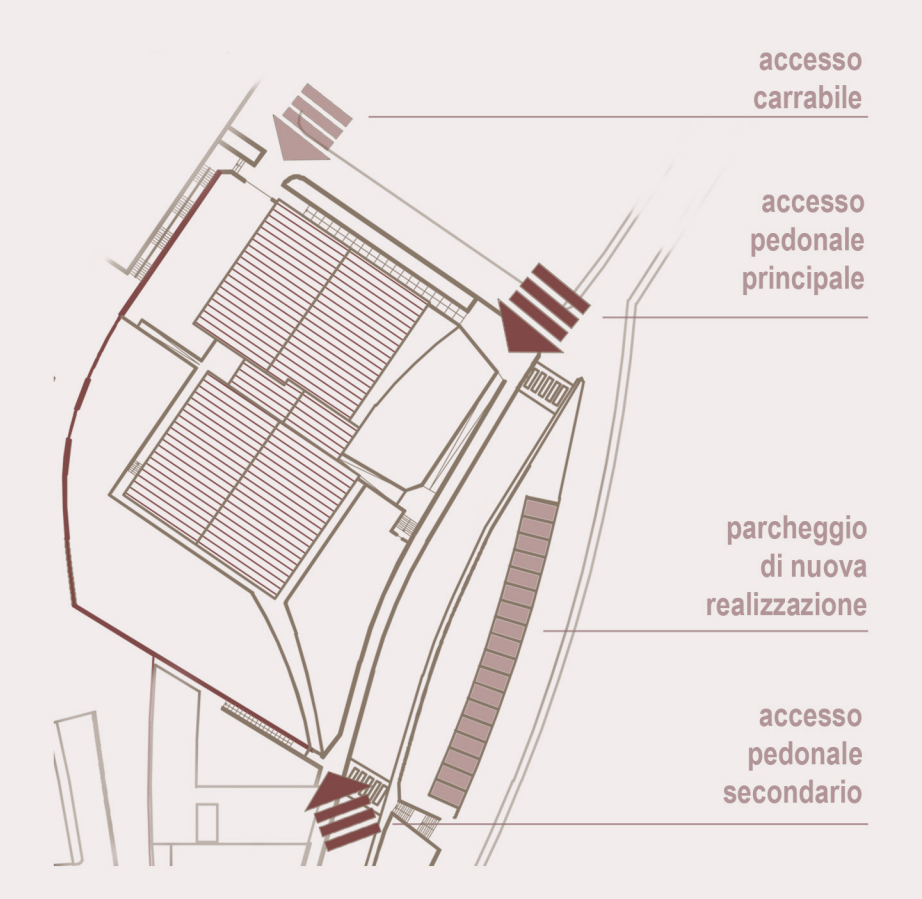


obiettivi:  
- miglioramento dell'accessibilità pedonale



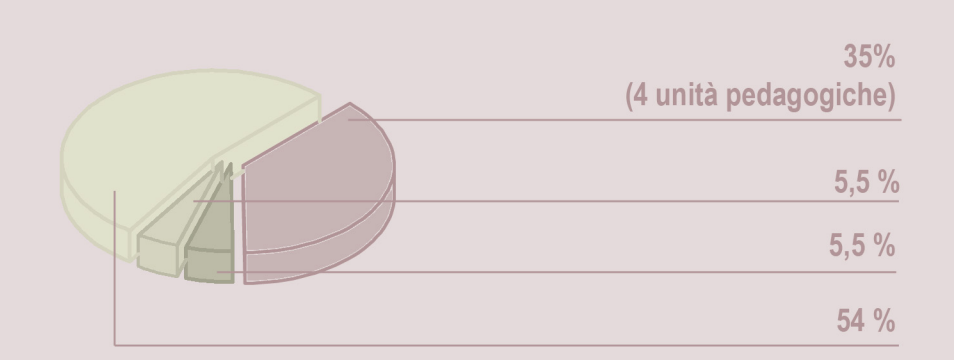
nuovi percorsi pedonali  
terrazze panoramiche  
percorsi pedonali esistenti

- dotazione di un'ideale area parcheggio

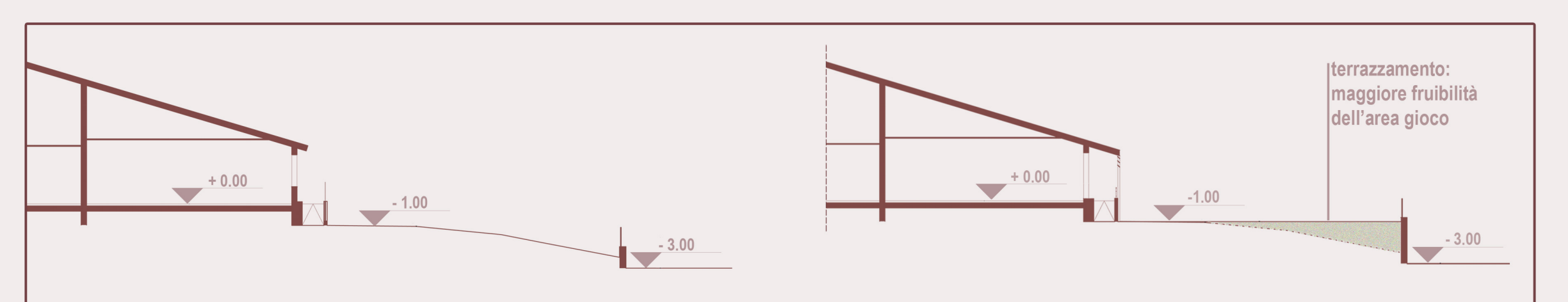


- incremento dotazioni funzionali

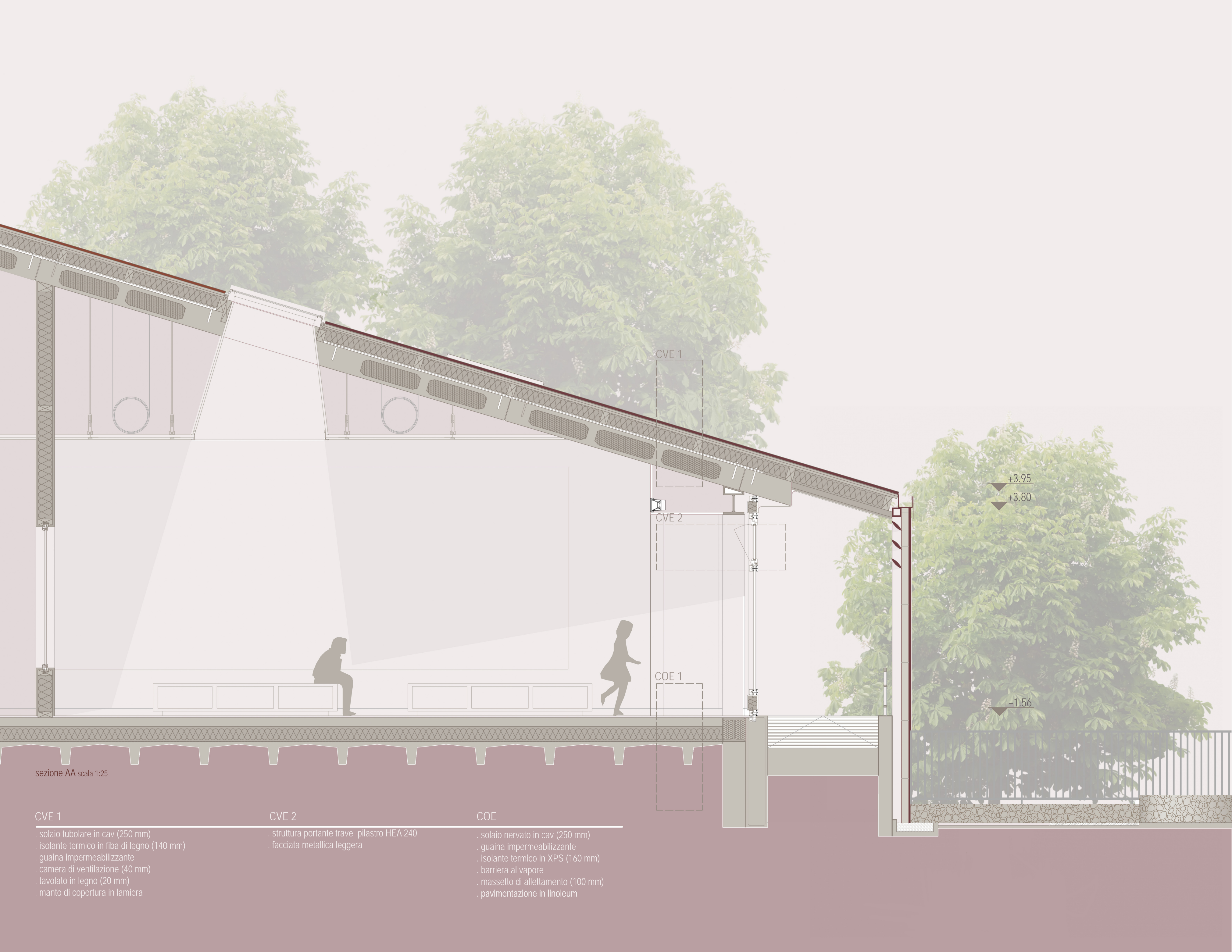
unità pedagogica (attività ordinate + pratiche + servizi igienici)	104 m <sup>2</sup> (84 m <sup>2</sup> + 20 m <sup>2</sup> )
mensa	67 m <sup>2</sup>
biblioteca	67 m <sup>2</sup>
altri locali	650 m <sup>2</sup>
scuola materna	tot. sup. 1200 m <sup>2</sup>



- incremento della dotazione area gioco

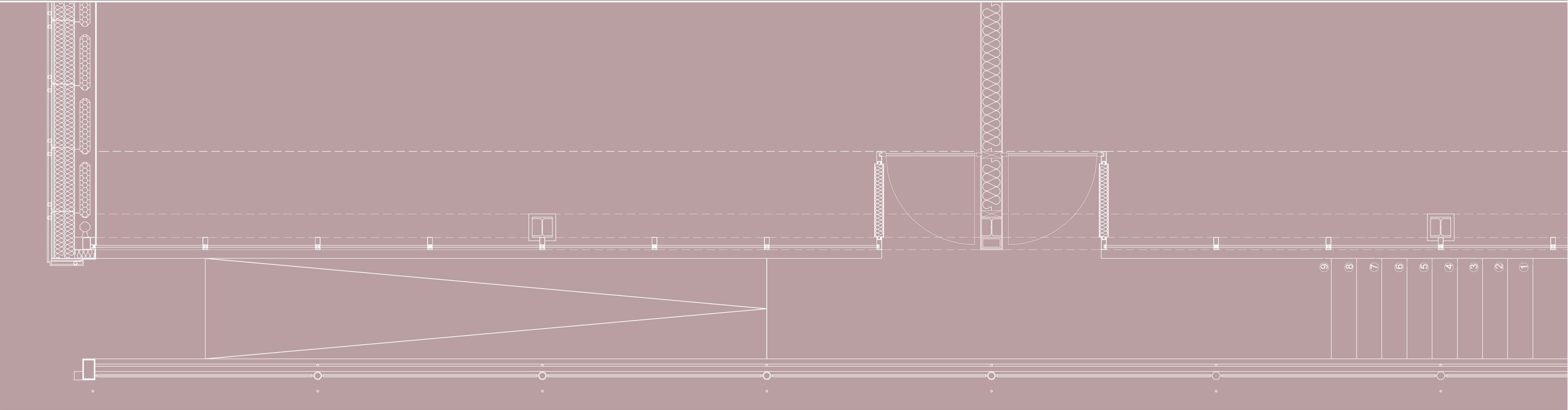






sezione AA scala 1:25

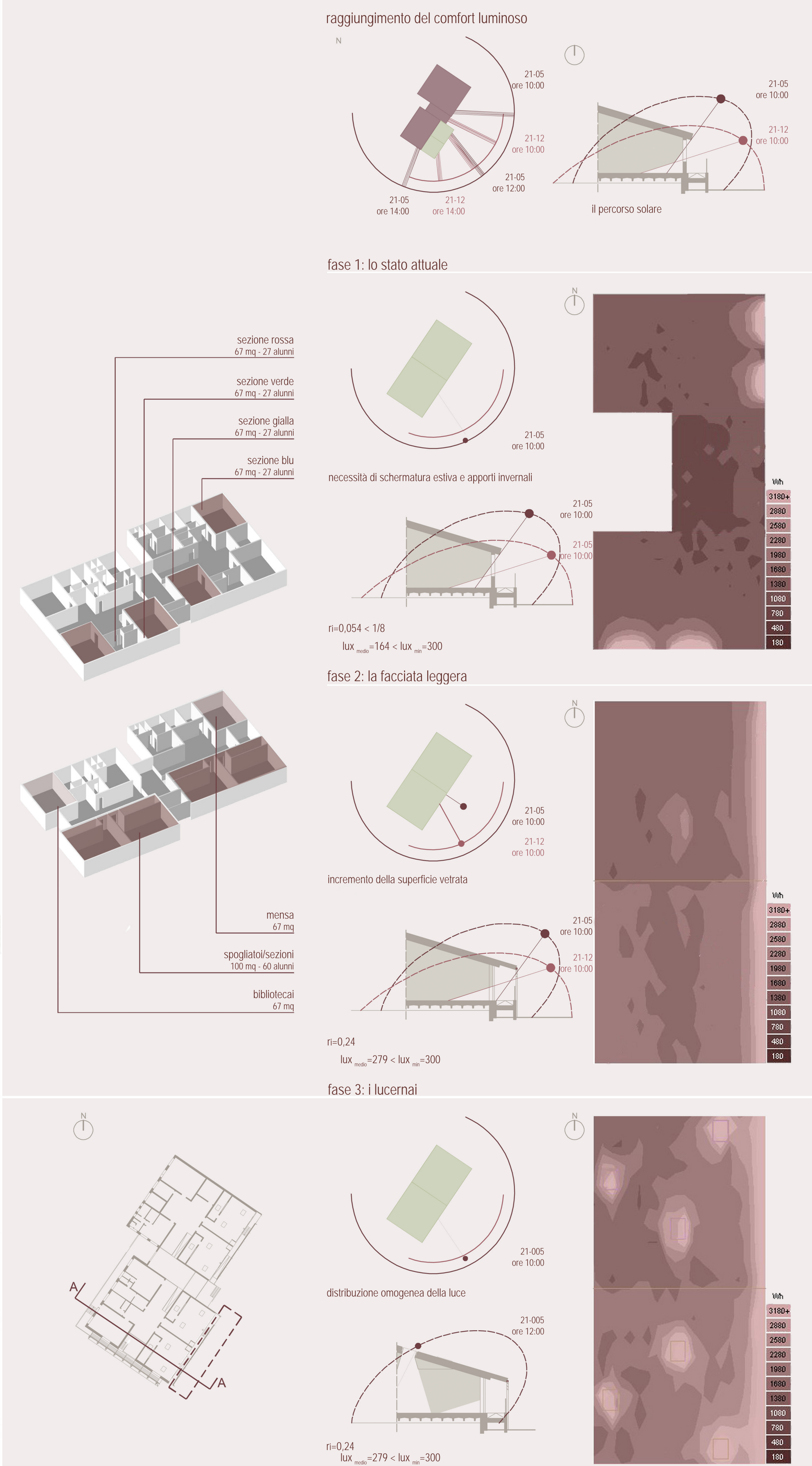
- | CVE 1   | CVE 2  | COE   |
|---|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>. solaio tubolare in cav (250 mm)</li><li>. isolante termico in fiba di legno (140 mm)</li><li>. guaina impermeabilizzante</li><li>. camera di ventilazione (40 mm)</li><li>. tavolato in legno (20 mm)</li><li>. manto di copertura in lamiera</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>. struttura portante trave - pilastro HEA 240</li><li>. facciata metallica leggera</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>. solaio nervato in cav (250 mm)</li><li>. guaina impermeabilizzante</li><li>. isolante termico in XPS (160 mm)</li><li>. barriera al vapore</li><li>. massetto di allettamento (100 mm)</li><li>. pavimentazione in linoleum</li></ul> |



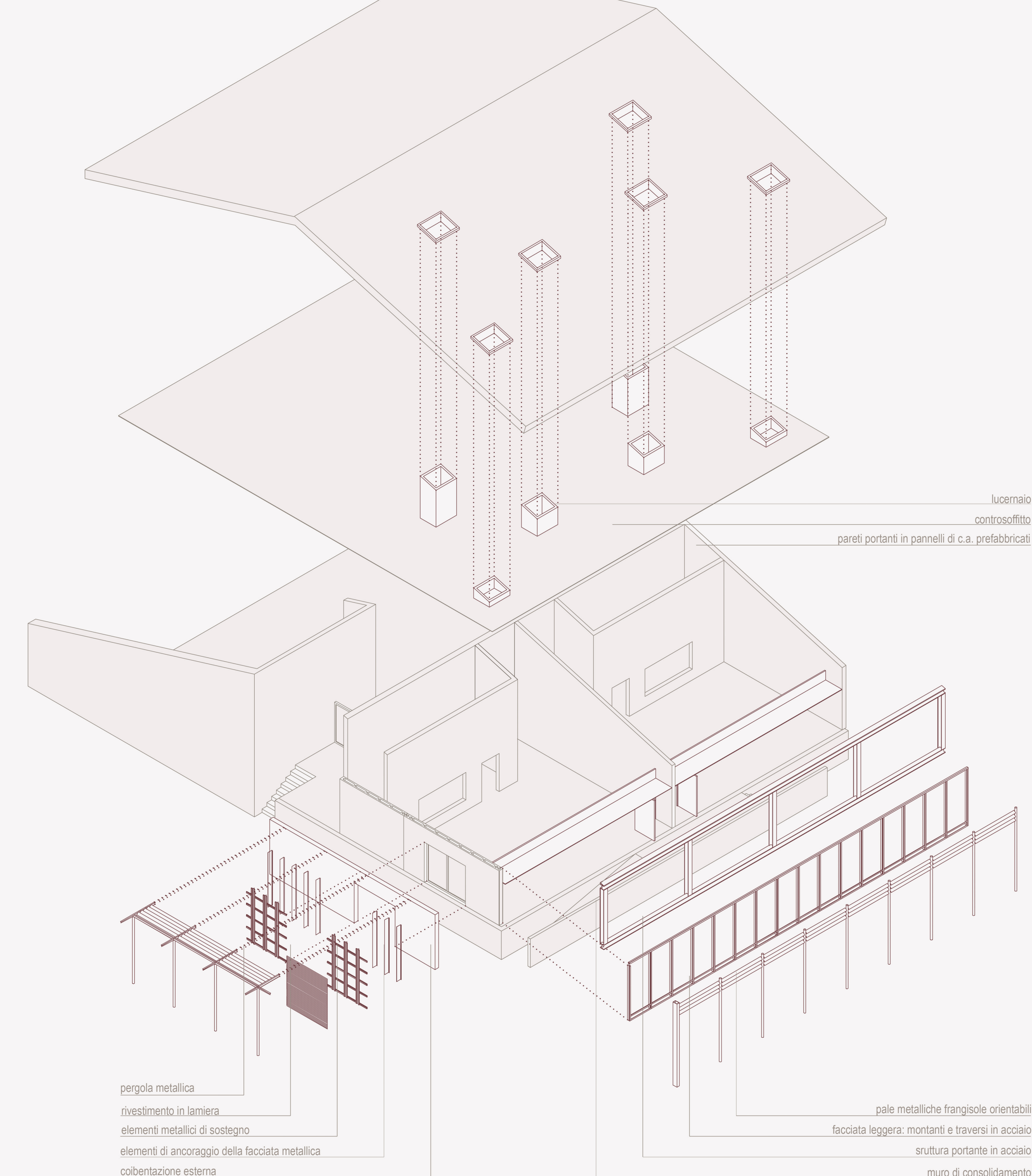
scuole per l'infanzia a bertinoro

alma mater studiorum - università di bologna - facoltà di architettura aldo rossi - a.a.2009 - 2010 - laboratorio di sintesi finale architettura ecoefficiente proff.a. boeri - e. antonini - a. maahsen milan - k. fabbri - d. trombetti - relatore prof.e antonini - corr. proff. a. maahsen milan - k. fabbri - d. mambelli

elisa bruschi - chiara giunchi





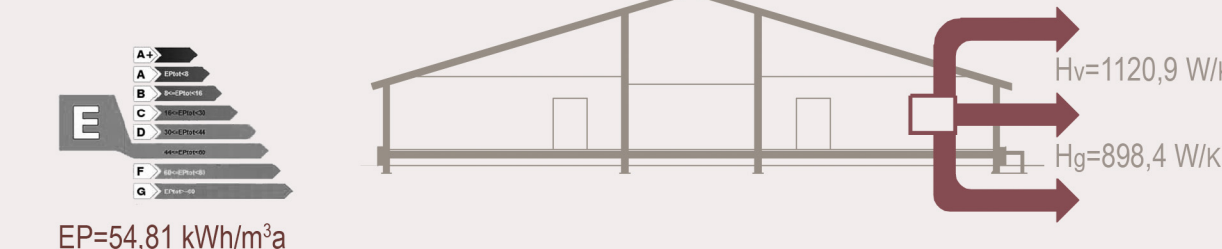


#### fas di intervento

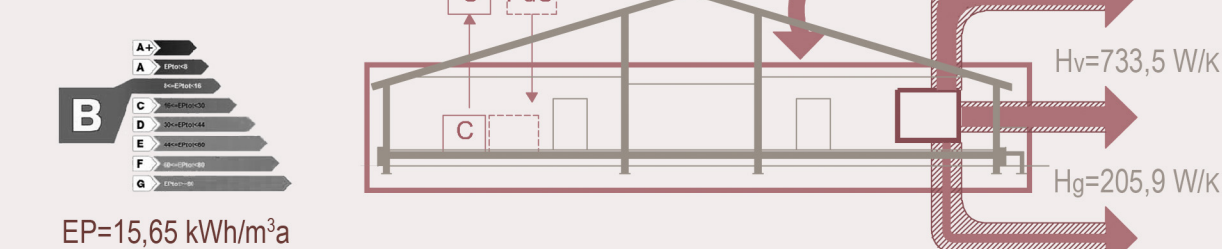
step	fas di intervento	riduzione indice EP
step 1	analisi dello stato di fatto	
step 2a	adeguamento Ucomponenti-limiti di legge	- 14%
step 2b	isolamento termico Ucomponenti<42% limiti di legge	- 42%
step 3	recuperatore di calore	- 57%
step 4	sostituzione caldaia esistente con caldaia a condensazione	- 59%
step 5	installazione pompa di calore	- 71%

#### prestazioni energetiche

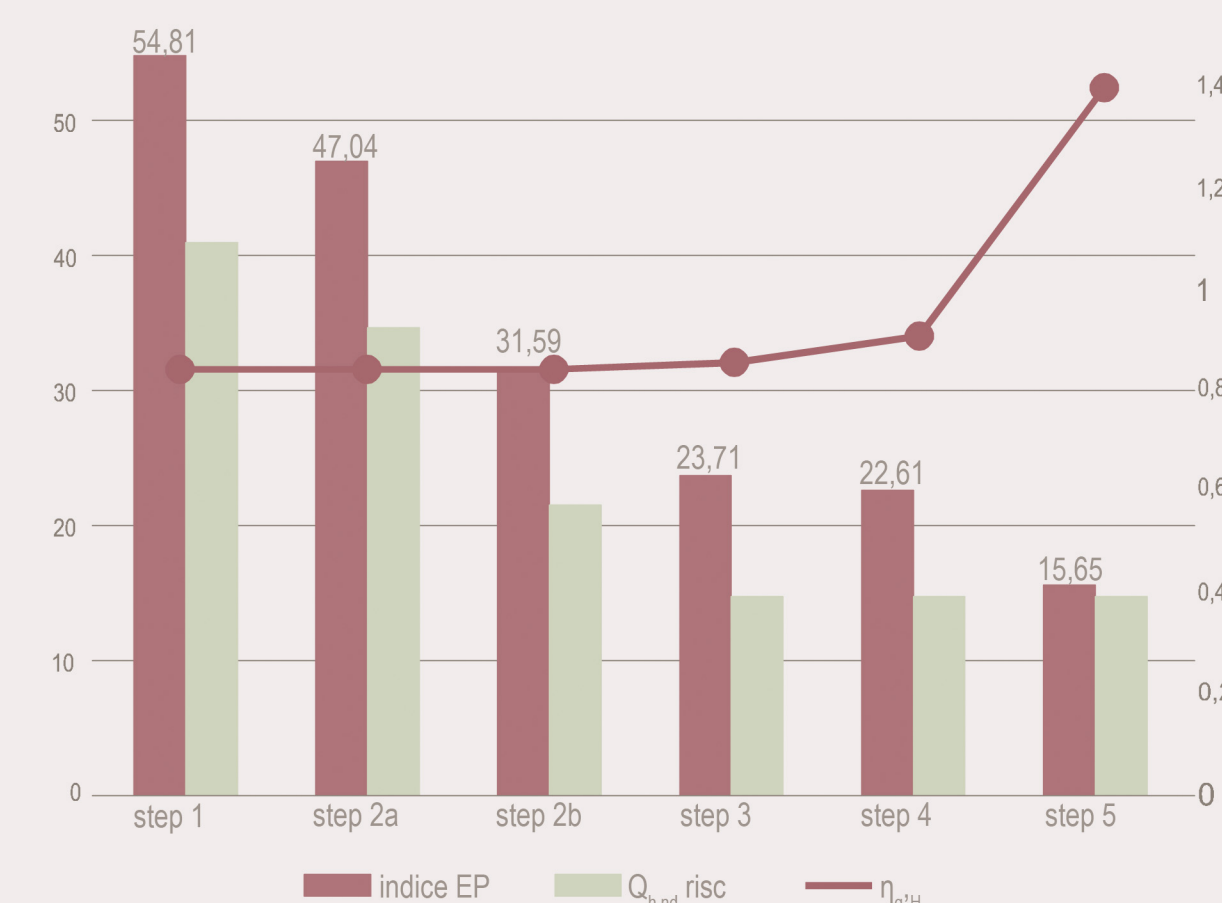
##### stato di fatto



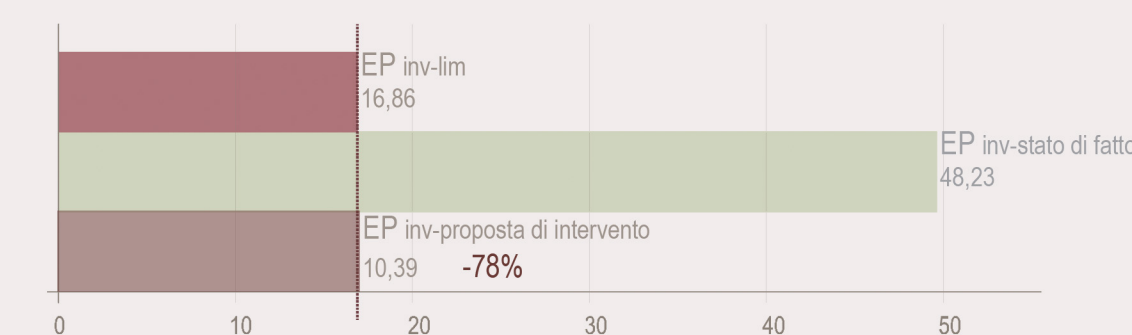
##### proposta di intervento



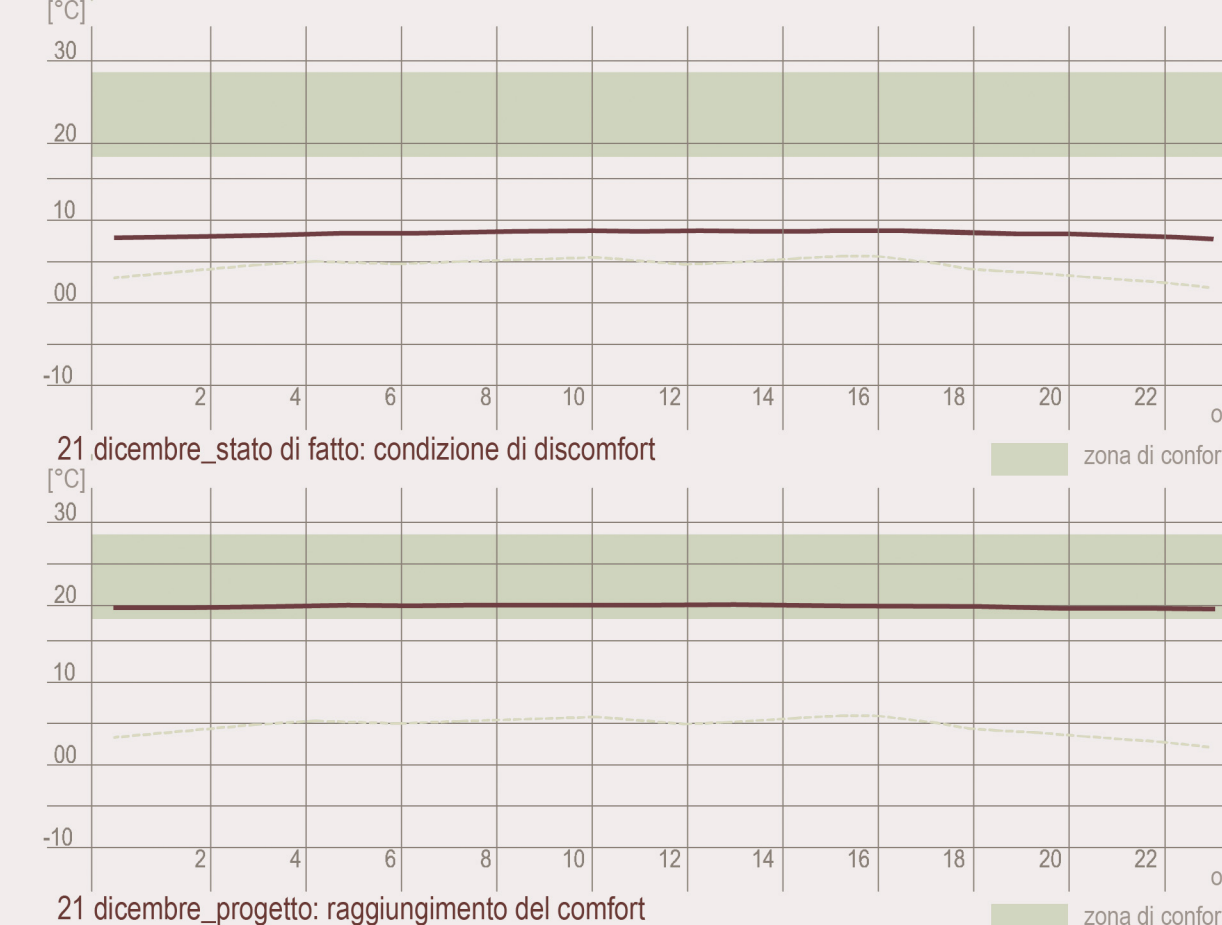
#### indici di prestazione energetica [kWh/m²a]



#### riduzione dell'indice EP e incremento del rendimento medio globale stagionale dell'impianto termico



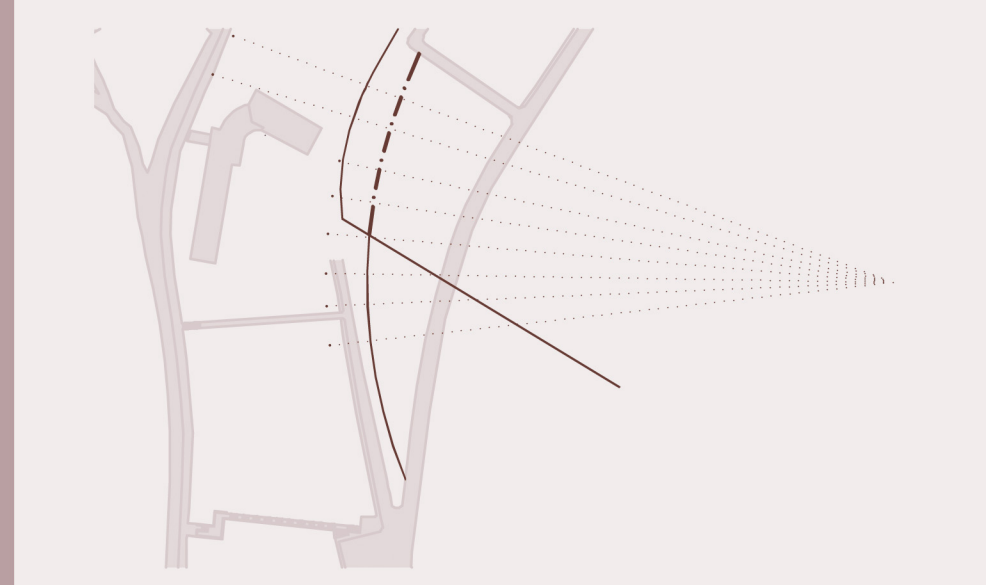
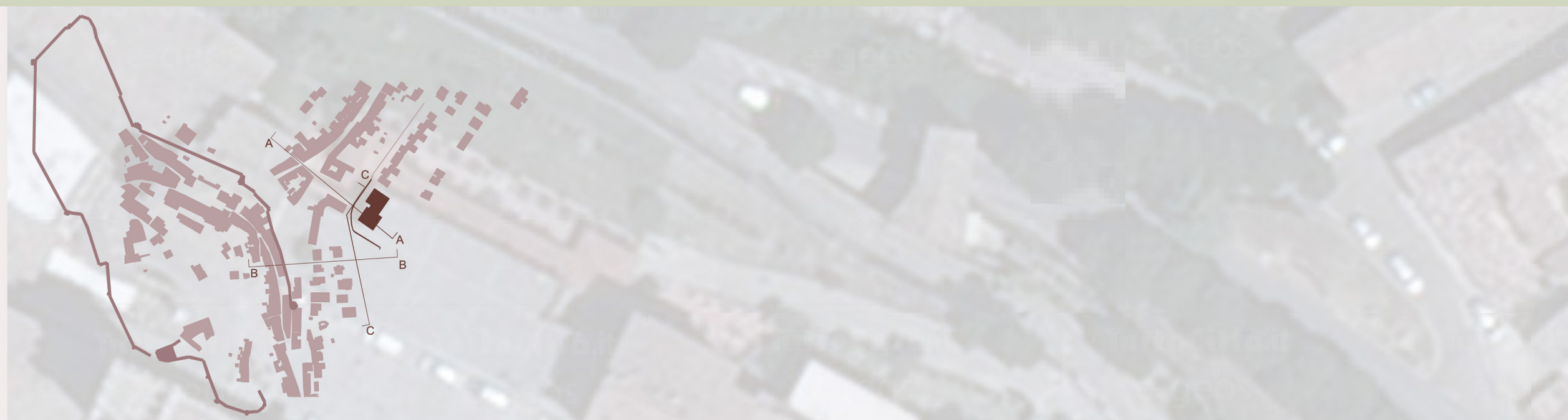
#### comfort termico: andamento giornaliero della temperatura interna all'aula



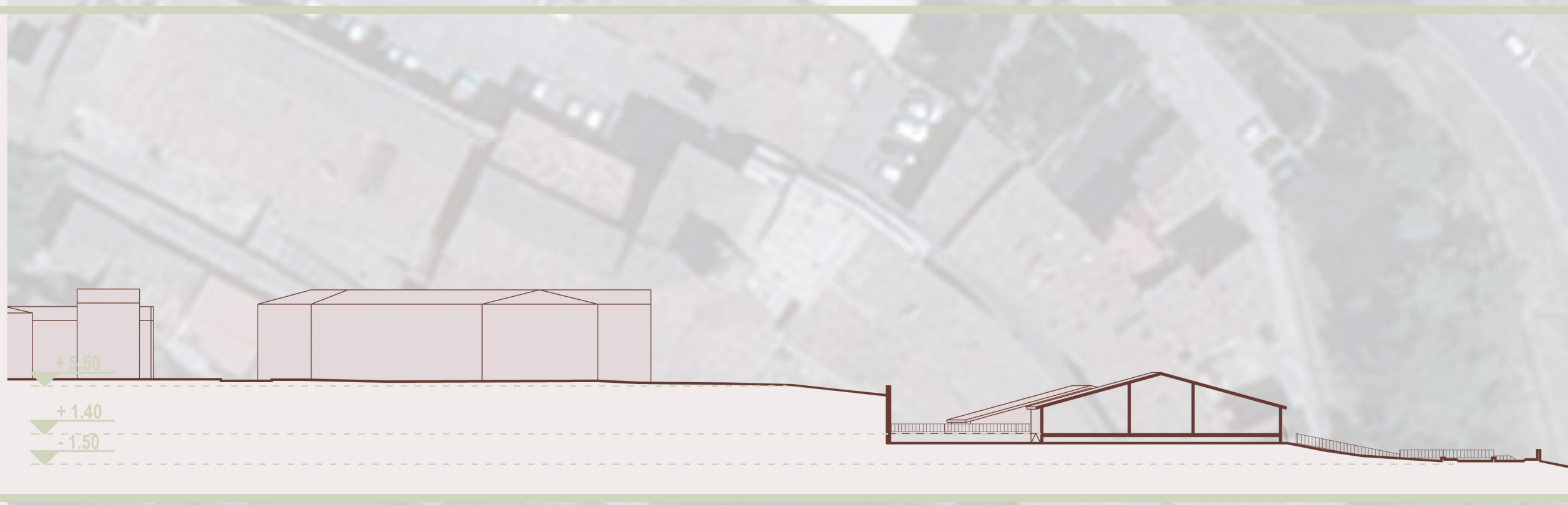




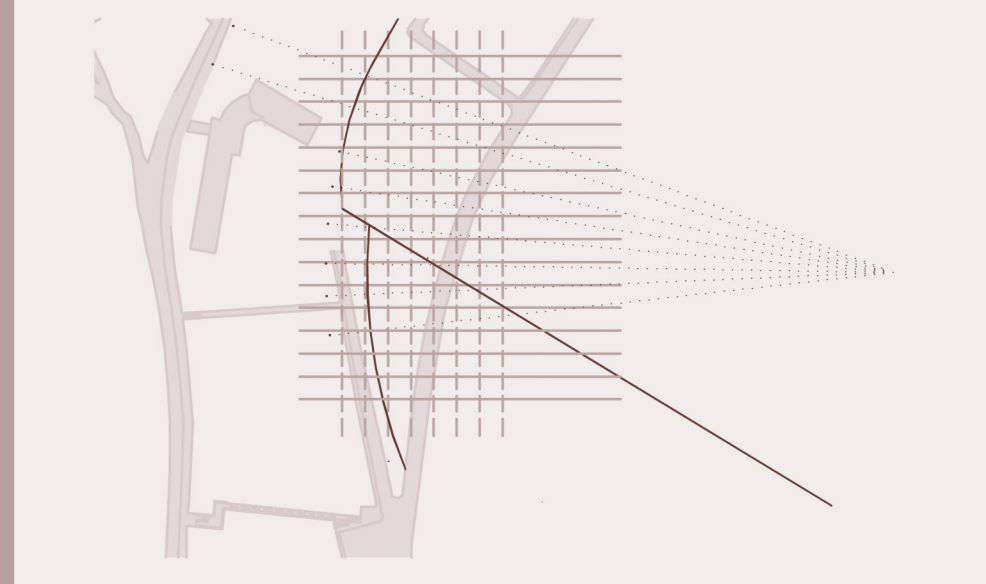
la preesistenza:  
il muro di contenimento



la curva e le radiali:  
traslazione a est della traccia del muro esistente



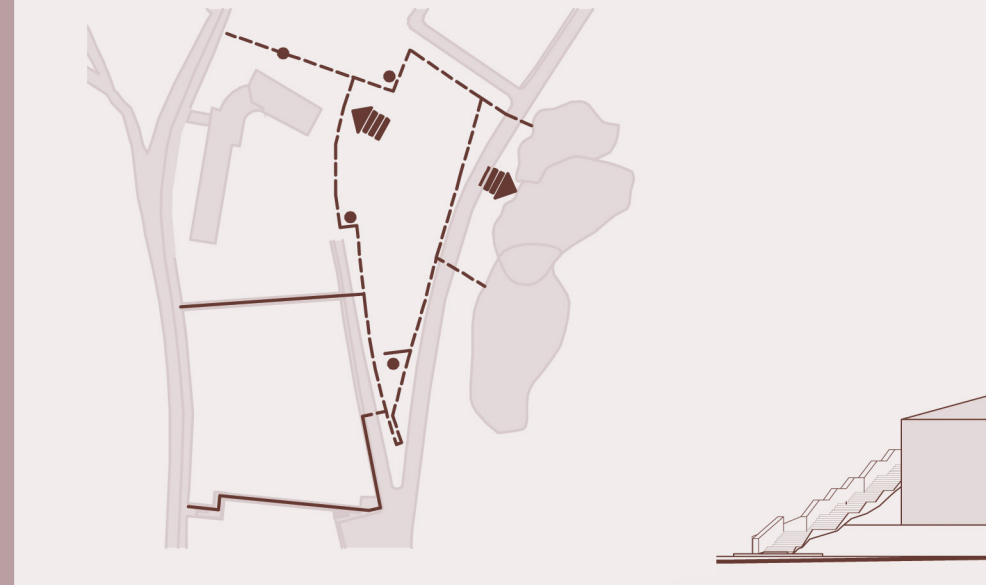
sezione AA scala 1:500



l'orientamento ottimale:  
assi nord-sud



sezione BB scala 1:500



collegamenti urbani:  
congiungimento con il centro urbano ed estensione a valle verso il parco di futura realizzazione



sezione CC scala 1:500

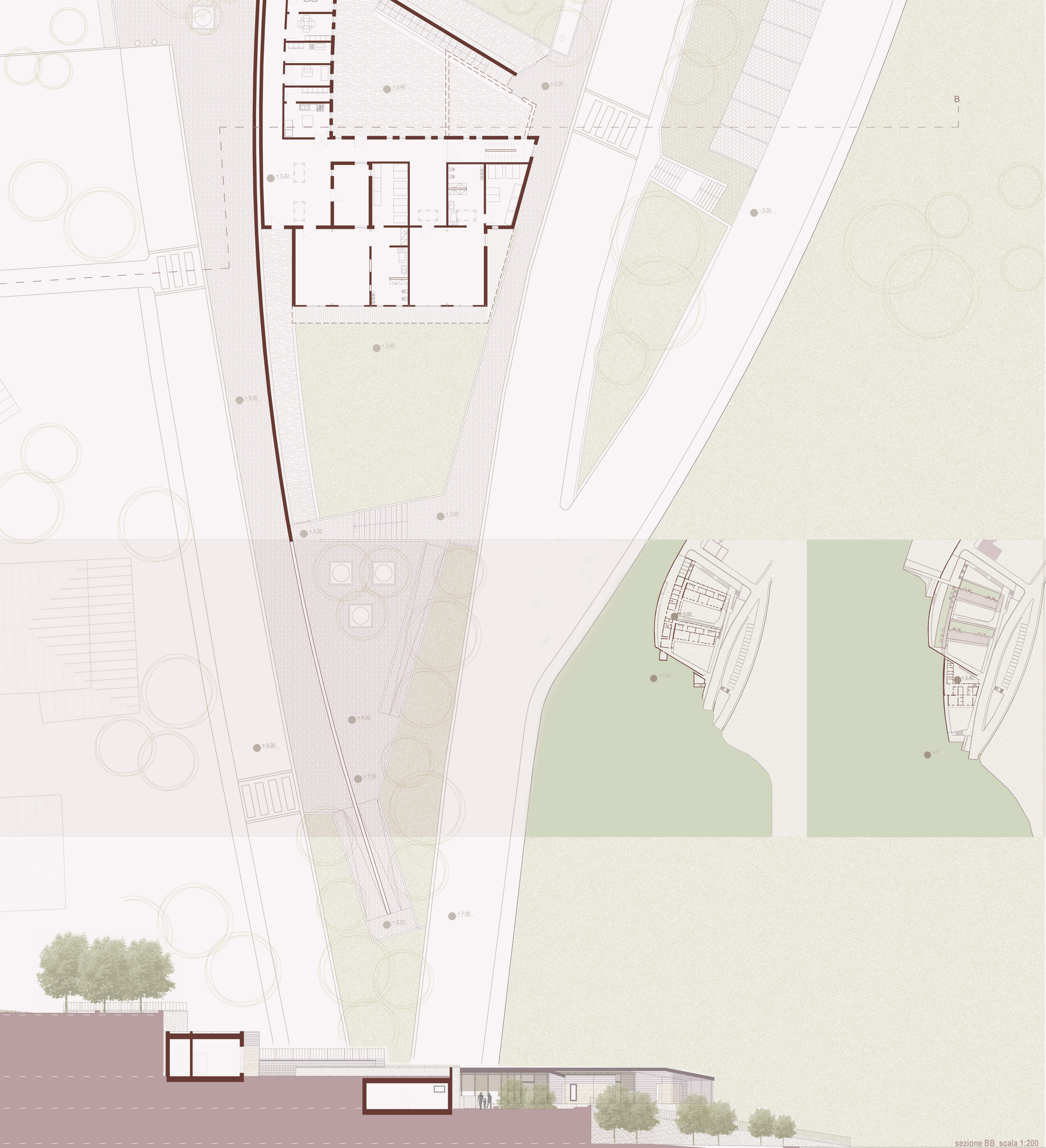
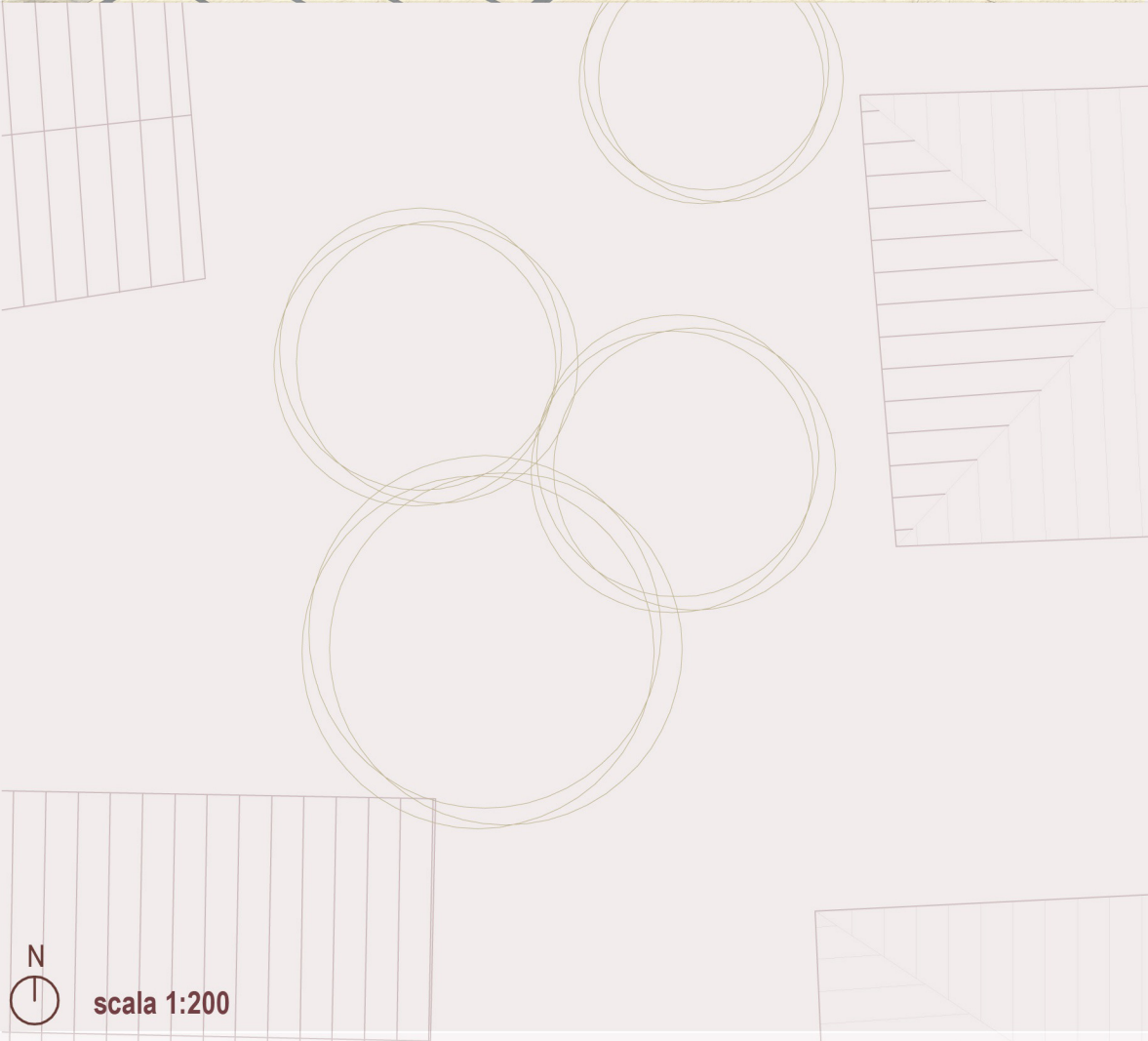
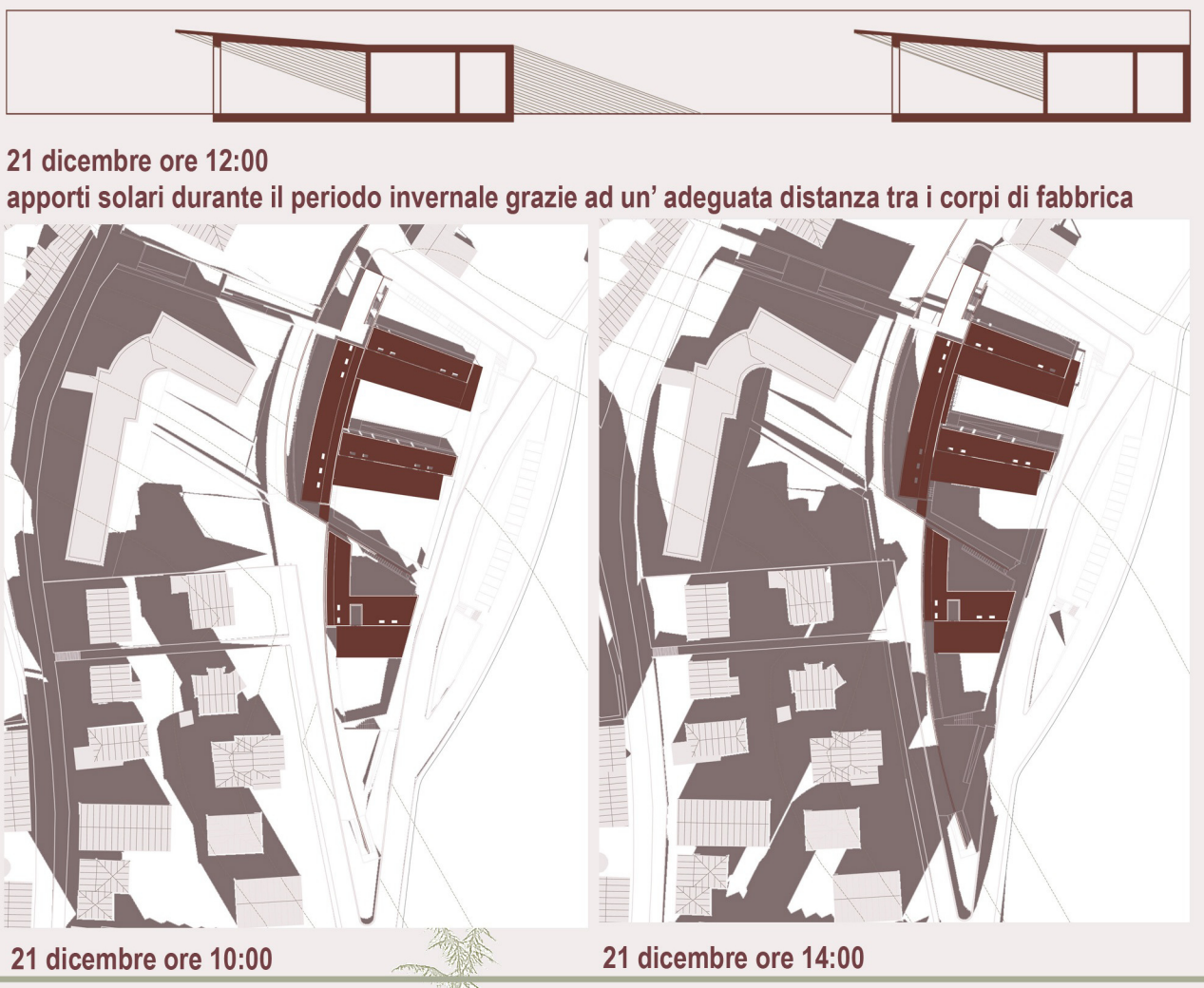
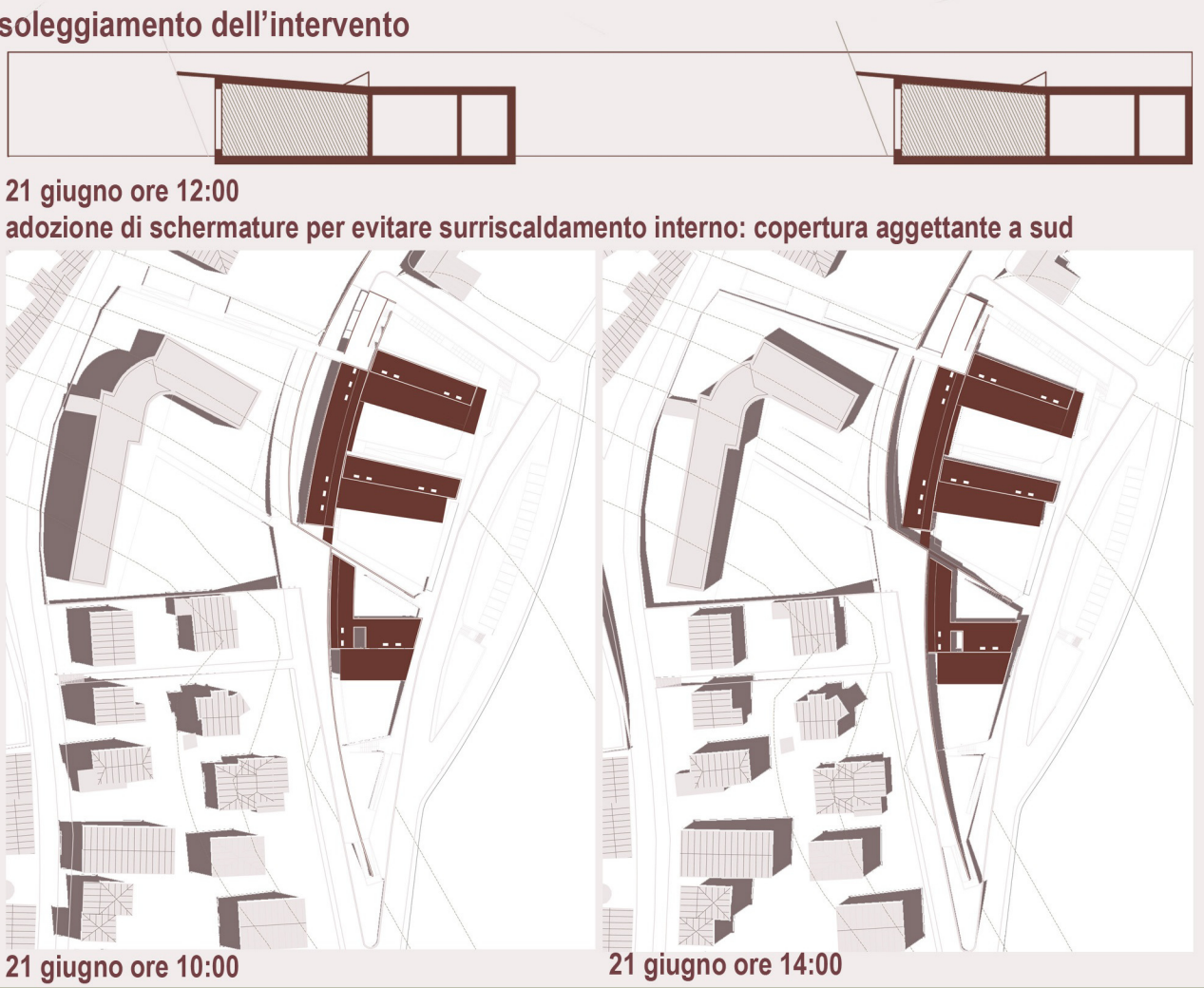


sezione DD scala 1:200









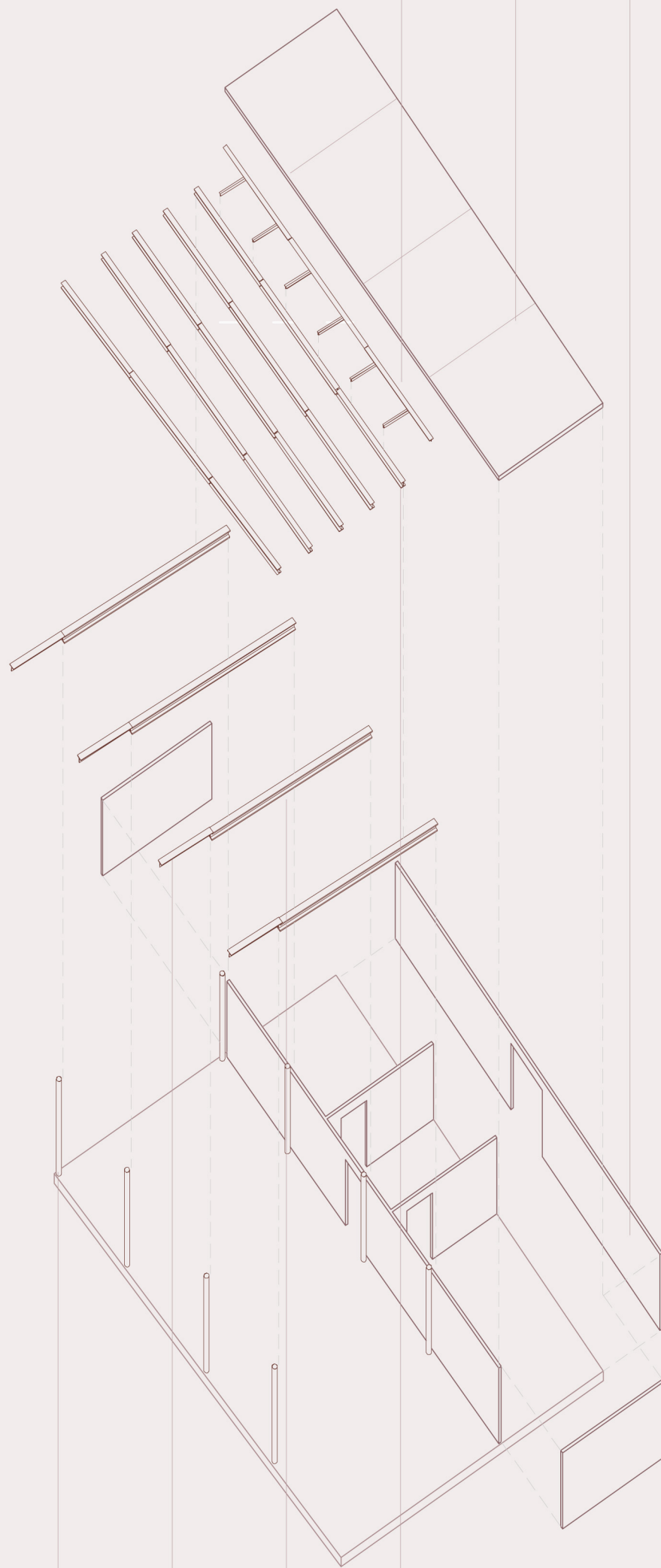




prospetto sud scala 1:100

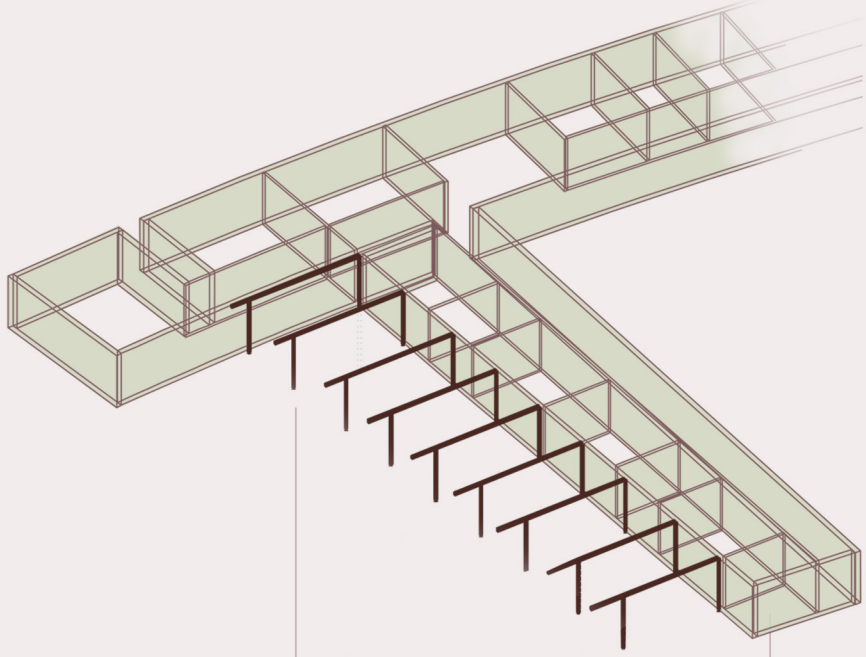
il sistema costruttivo

orditura in acciaio a sostegno dei lucernai  
solaio in legno xlam  
setti portanti in legno xlam



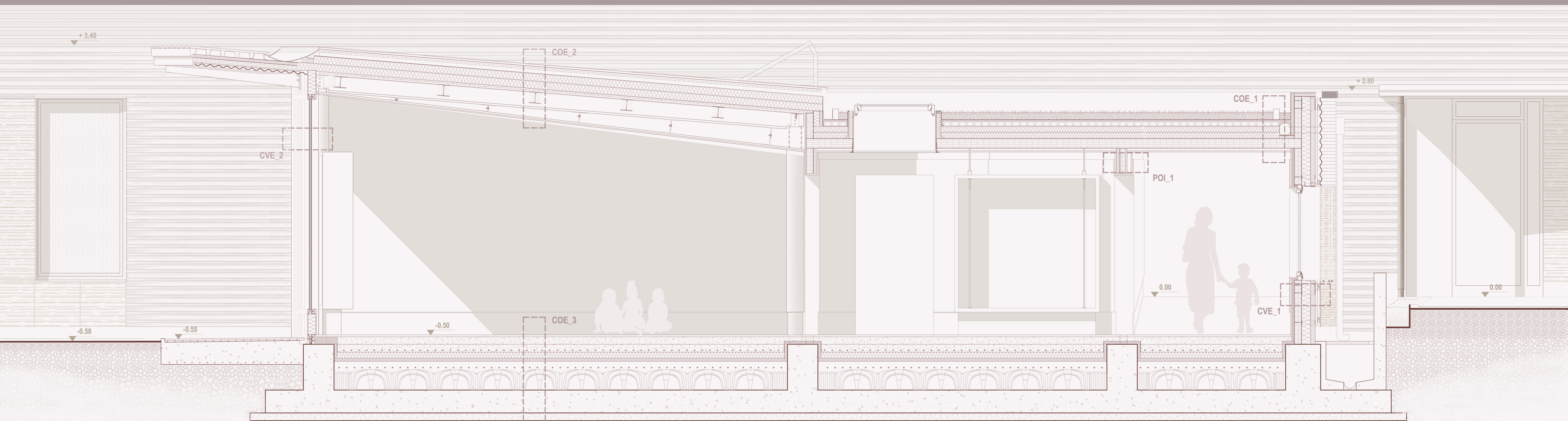
pilastro tubolare Ø 16.8  
trave a sbaizo  
trave principale HEM 220  
trave secondaria HEA 160

la struttura portante



portali in acciaio

setti in xlam



CVE\_1  
- cartongesso s. 12.5 + 12.5 mm  
- intercapedine coibentata per passaggio cavi s. 3 cm  
- barriera al vapore s. 1.5 mm  
- struttura portante a setti in legno xlam s. 9.5 cm  
- isolante in fibra di legno s. 12 + 6 cm  
- facciata ventilata con doppia orditura metallica e rivestimento in gres e lamiera ondulata

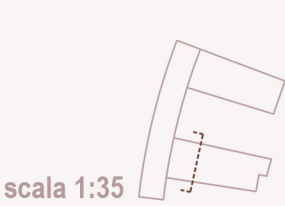
CVE\_2  
- struttura portante in acciaio: pilastri tubolari Ø 16.8 cm  
- facciata leggera con montanti e traversi in acciaio  
- partizioni trasparenti: vetro basso emissivo 4-16-4  
- partizioni opache: intonaco - isolante - gres 12 cm

POI\_1  
- cartongesso s. 1.5 +1.5 cm  
- isolante acustico s. 5cm  
- struttura portante a setti in legno xlam s. 9.5 cm  
- cavedio per passaggio cavi  
- cartongesso s. 1.5 +1.5 cm

COE\_1  
- cartongesso s. 1.5 cm  
- cavedio per passaggio cavi  
- solaio in legno xlam s. 12.5 cm  
- barriera al vapore s. 1.5mm  
- isolante in fibra di legno s. 8+8 cm  
- guaina impermeabilizzante s. 1.5 mm  
- barriera anti radice s. 3 mm  
- sistema drenante s. 6+2 cm  
- blocchetto in tufo  
- drenaggio perimetrale in ghiaia  
- guaina impermeabilizzante s. 1.5 mm  
- terreno e manto erboso estensivo s. 9 cm

COE\_2  
- controsoffitto con ancoraggio ad orditura metallica  
- struttura portante in acciaio: travi principali HEM 220 travi secondarie HEA 160  
- doppio tavolato s. 2+2 cm  
- barriera al vapore s. 1.5 mm  
- isolante in fibra di legno s. 20+20 cm  
- guaina impermeabilizzante s. 1.5 mm  
- intercapedine ventilata s. 5 cm  
- doppio tavolato s. 2+2 cm  
- guaina impermeabilizzante s. 1.5 mm  
- copertura in lamiera ondulata zincata

COE\_3  
- pavimento in linoleum s. 2 cm  
- massetto alleggerito per passaggio impianti s. 10 cm  
- massetto con rete elettrosaldata s. 10 cm  
- guaina s. 1.5 mm  
- isolante xps s. 8+4 cm  
- guaina impermeabilizzante s. 1.5 mm  
- solaio aereato con cupolex  
- fondazione a platea



scala 1:35

prospetto nord scala 1:100

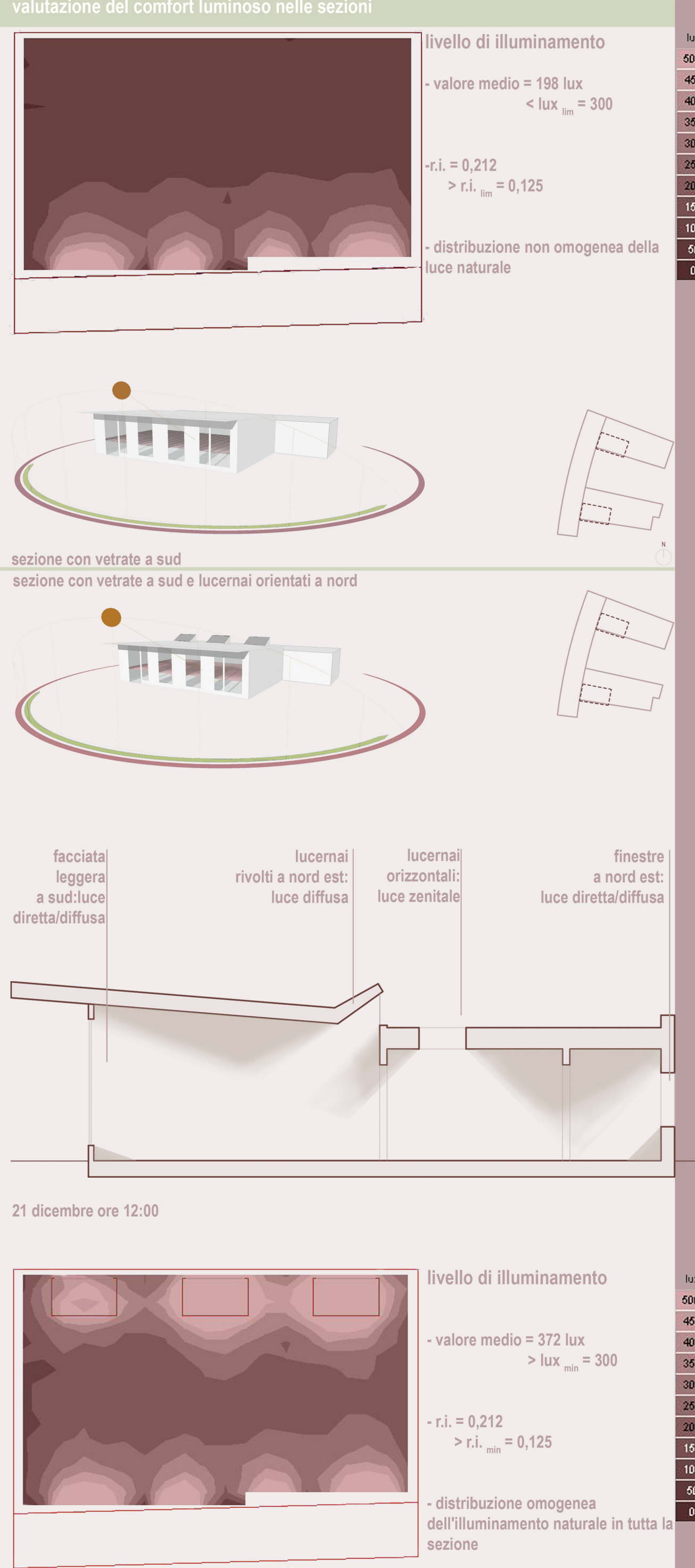
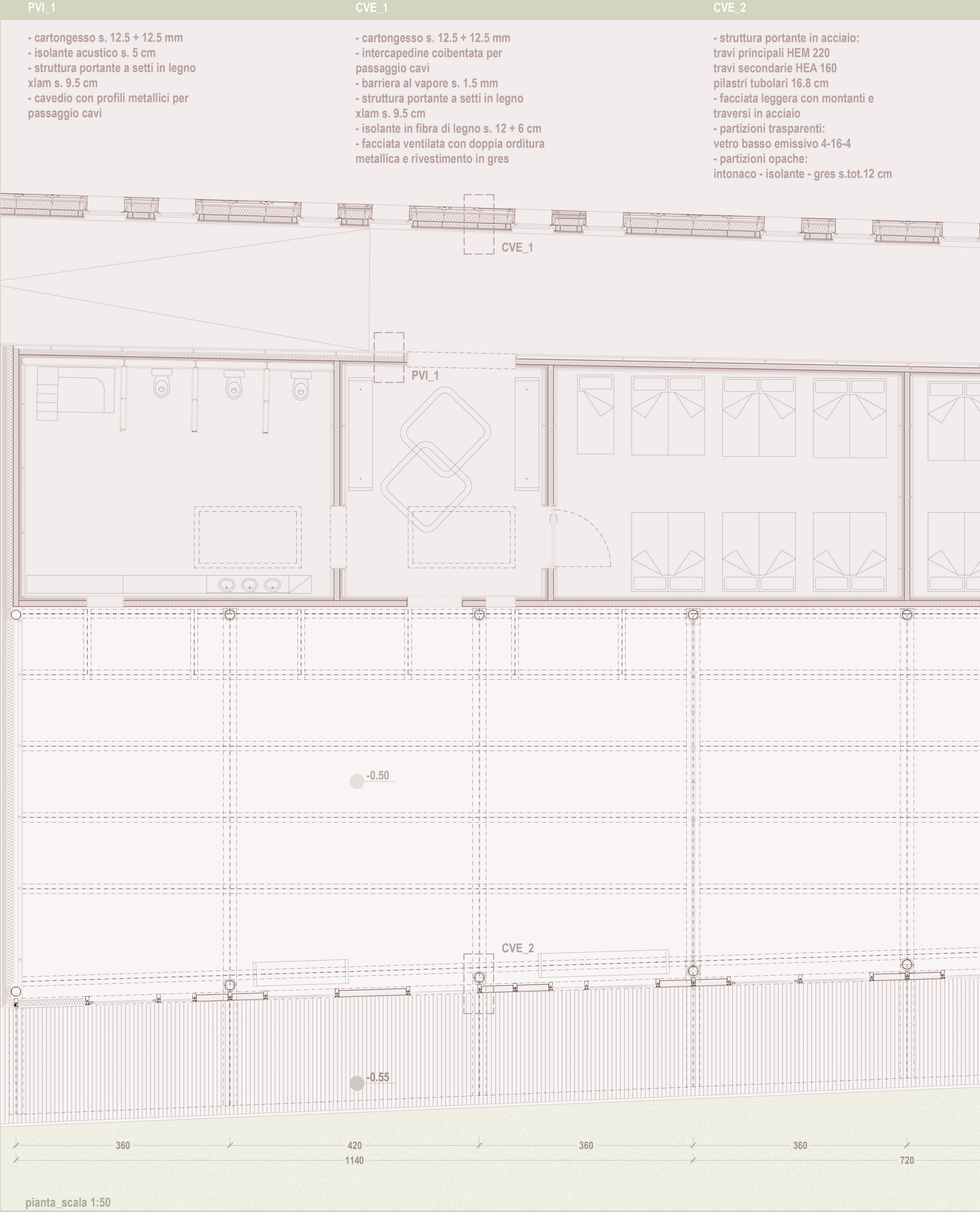


scuole per l'infanzia a bertinoro

alma mater studiorum • università di bologna • facoltà di architettura aldo rossi • a a 2009 • 2010 • laboratorio di sintesi finale architettura ecoefficiente profi a. boeri • e. antonini • a. maahsen milan • k. fabbri • l. trombetti • relatore prof e. antonini • corr profi a. maahsen milan • k. fabbri • l. mambelli

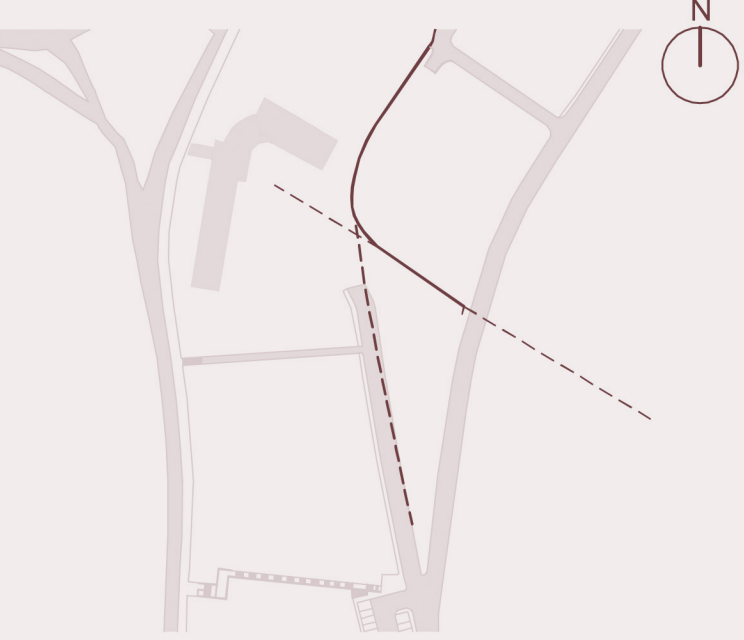
elisa bruschi







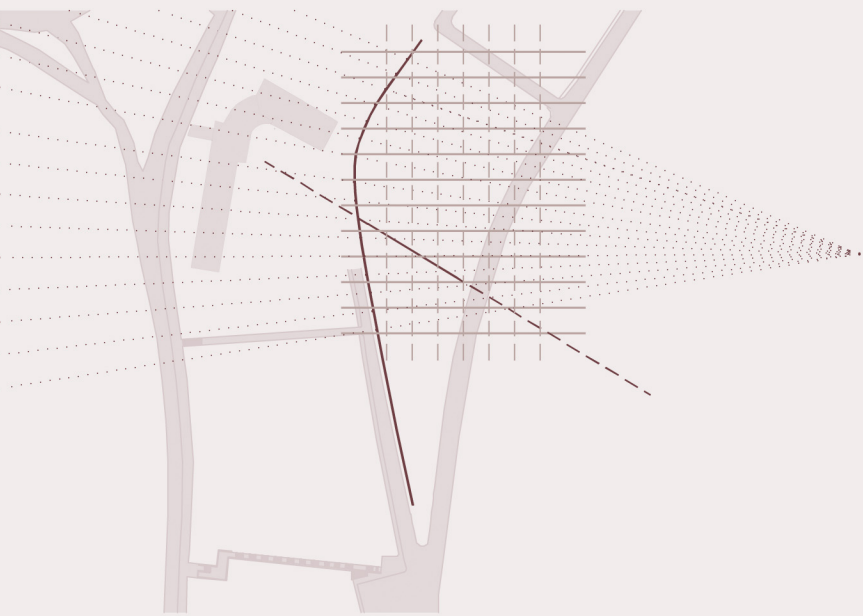
tracciati e gerarchie



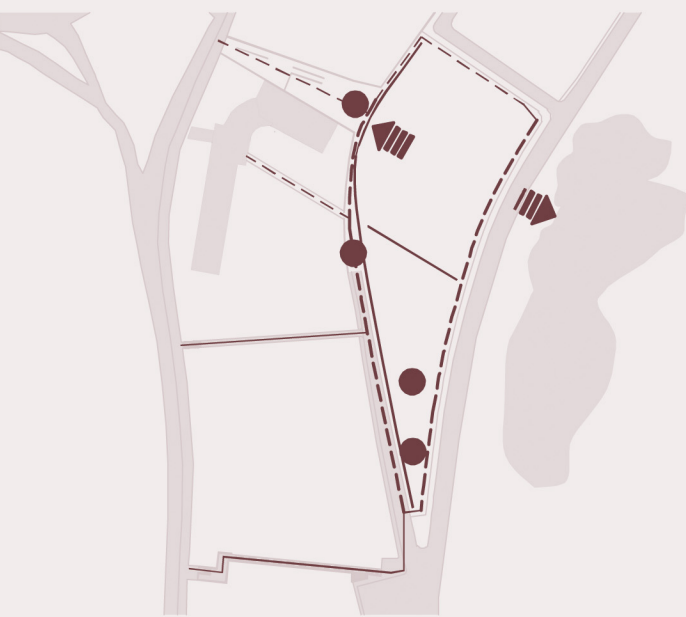
la preesistenza: il muro di contenimento



la curva e le radiali: la nuova generatrice



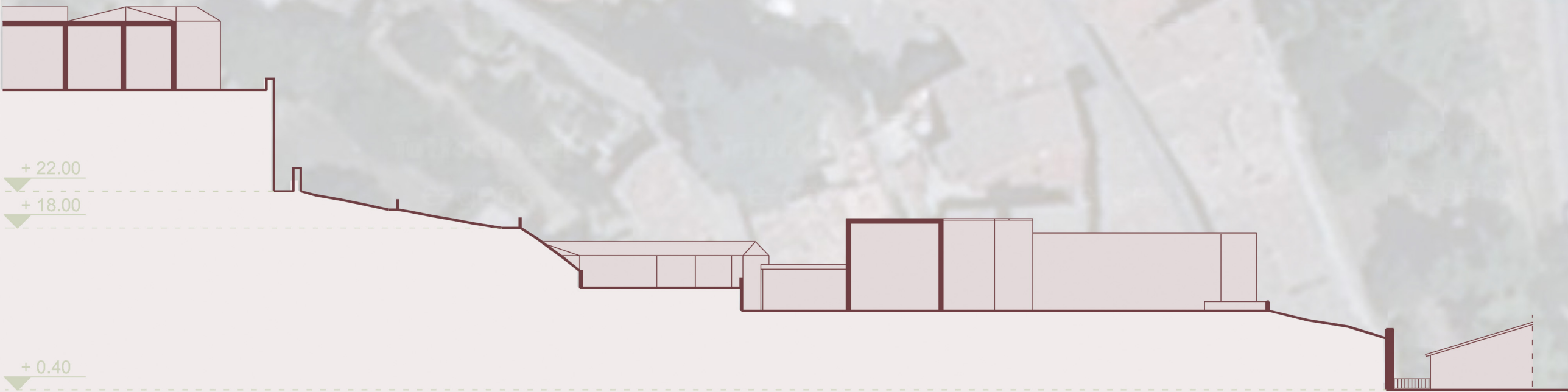
l'orientamento ottimale: assi nord-sud



collegamenti urbani:  
congiungimento con il centro storico  
ed estensione a valle



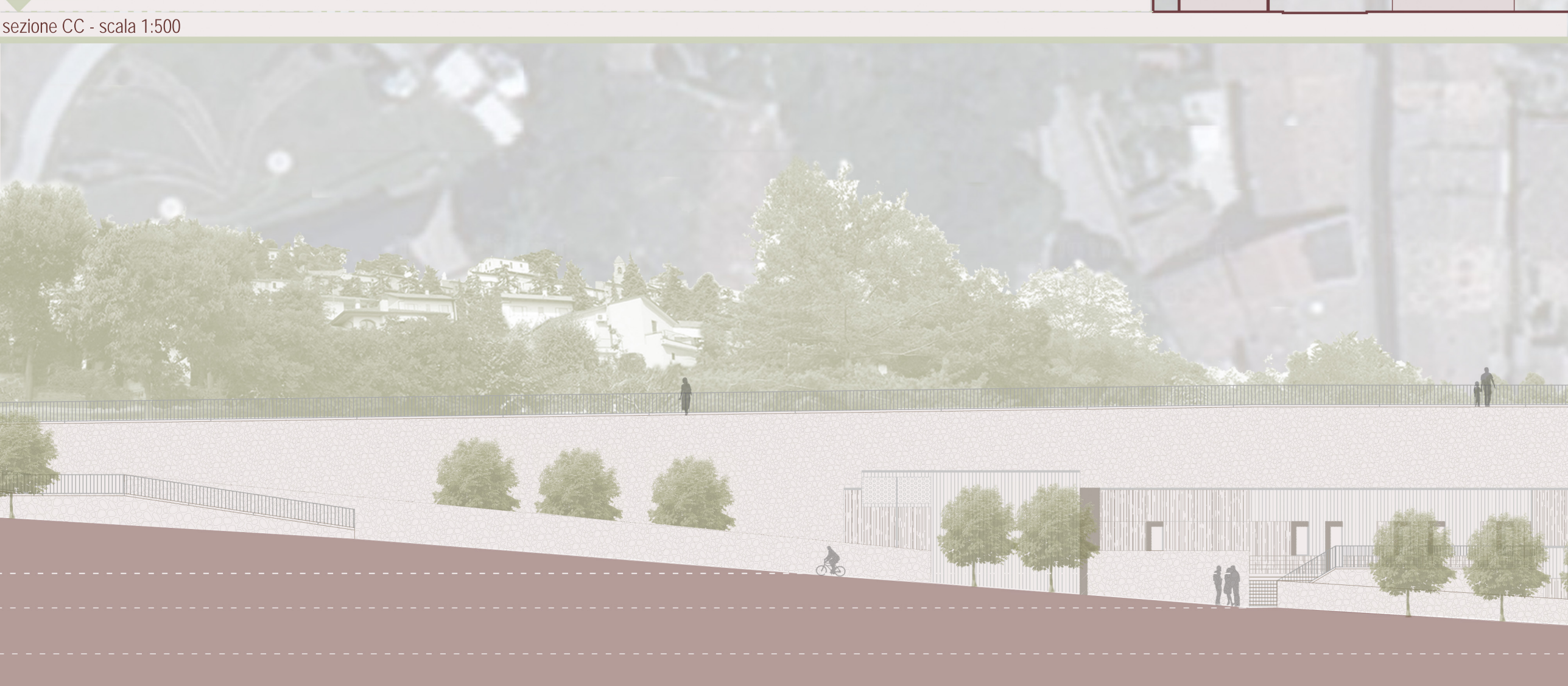
sezione AA - scala 1:500



sezione BB - scala 1:500



sezione CC - scala 1:500



sezione DD - scala 1:200

scala 1:500



scuole per l'infanzia a bertinoro

alma mater studiorum - università di bologna - facoltà di architettura aldo rossi - a.a. 2009 - 2010 - laboratorio di sintesi finale architettura ecoefficiente proff a. boeri - e. antonini - a.a. maahsen milan - k. fabbri - l. trombetti - relatore prof e. antonini - corr proff a. maahsen milan - k. fabbri - l. mambelli

chiara giunchi



sezione AA - scala 1:200

**scuola materna**  
4 sezioni - 120 bambini  
1050mq

la corte

**asilo nido**  
2 sezioni - 30 bambini  
450mq

attività ordinate  
attività libere  
attività pratiche  
riposo

215 mq  
45 mq  
112 mq  
90 mq

soggiorno e zona alimentazione  
riposo  
servizi igienici  
cambio di abiti

100 mq  
45 mq  
40 mq  
18 mq

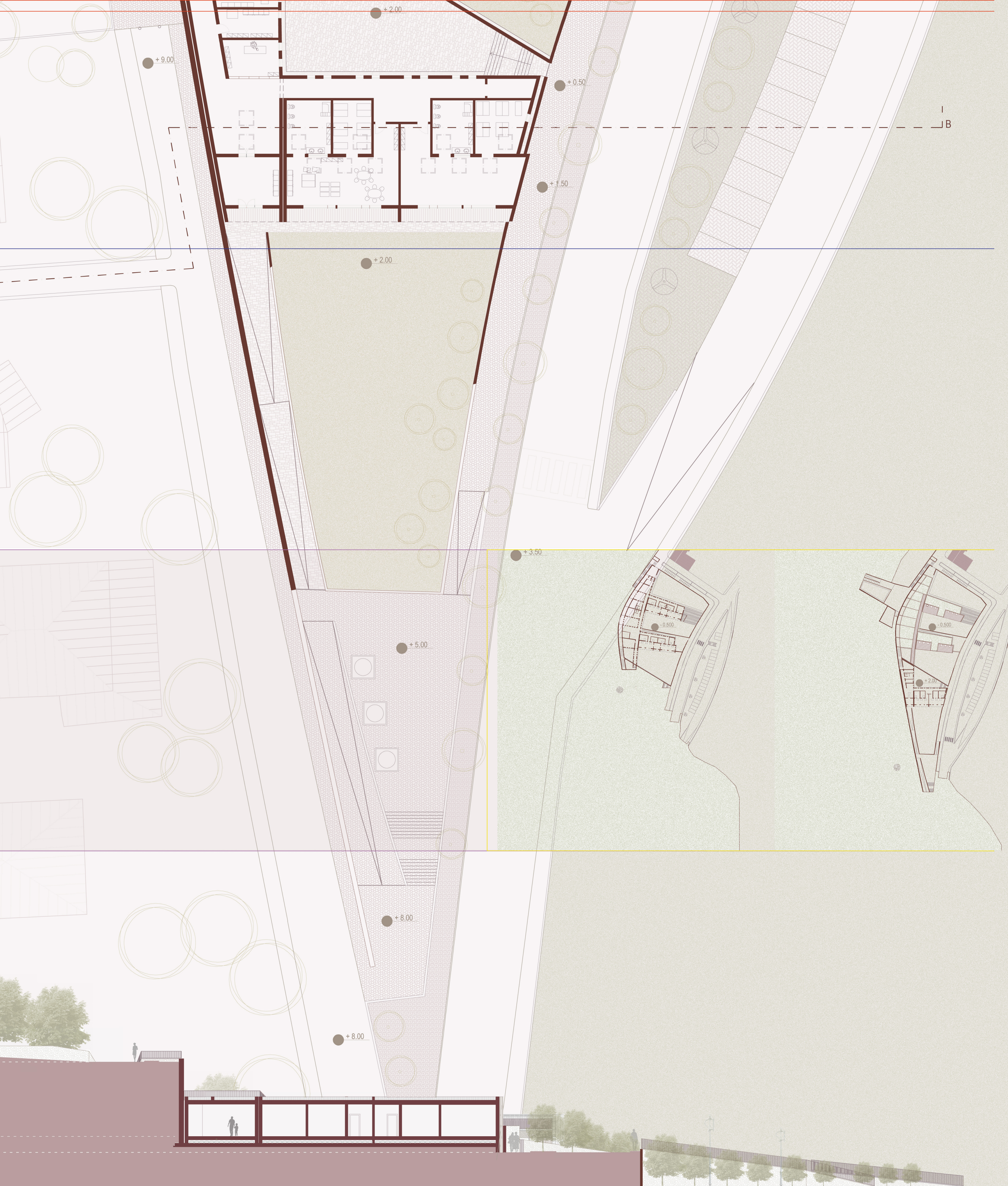
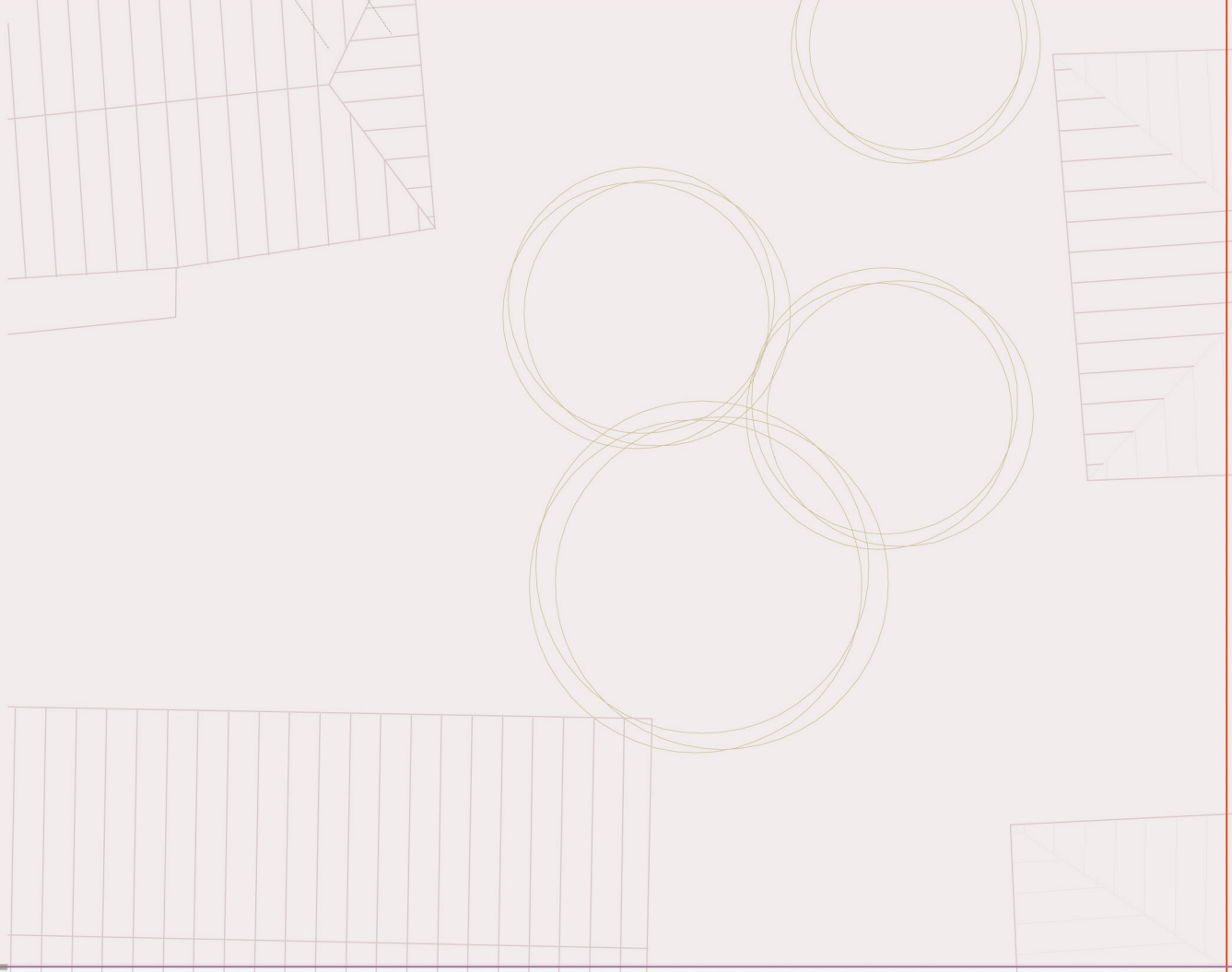
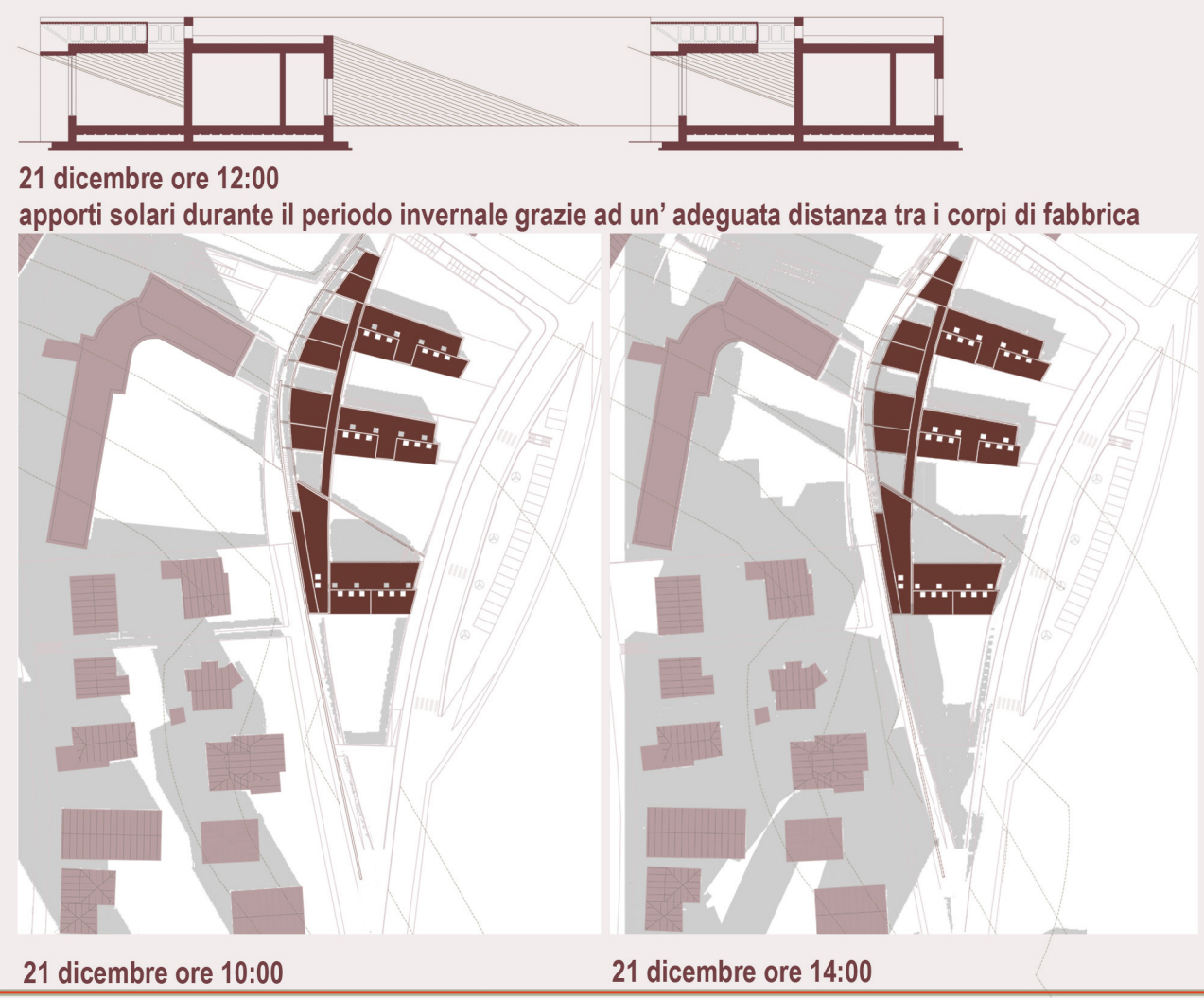
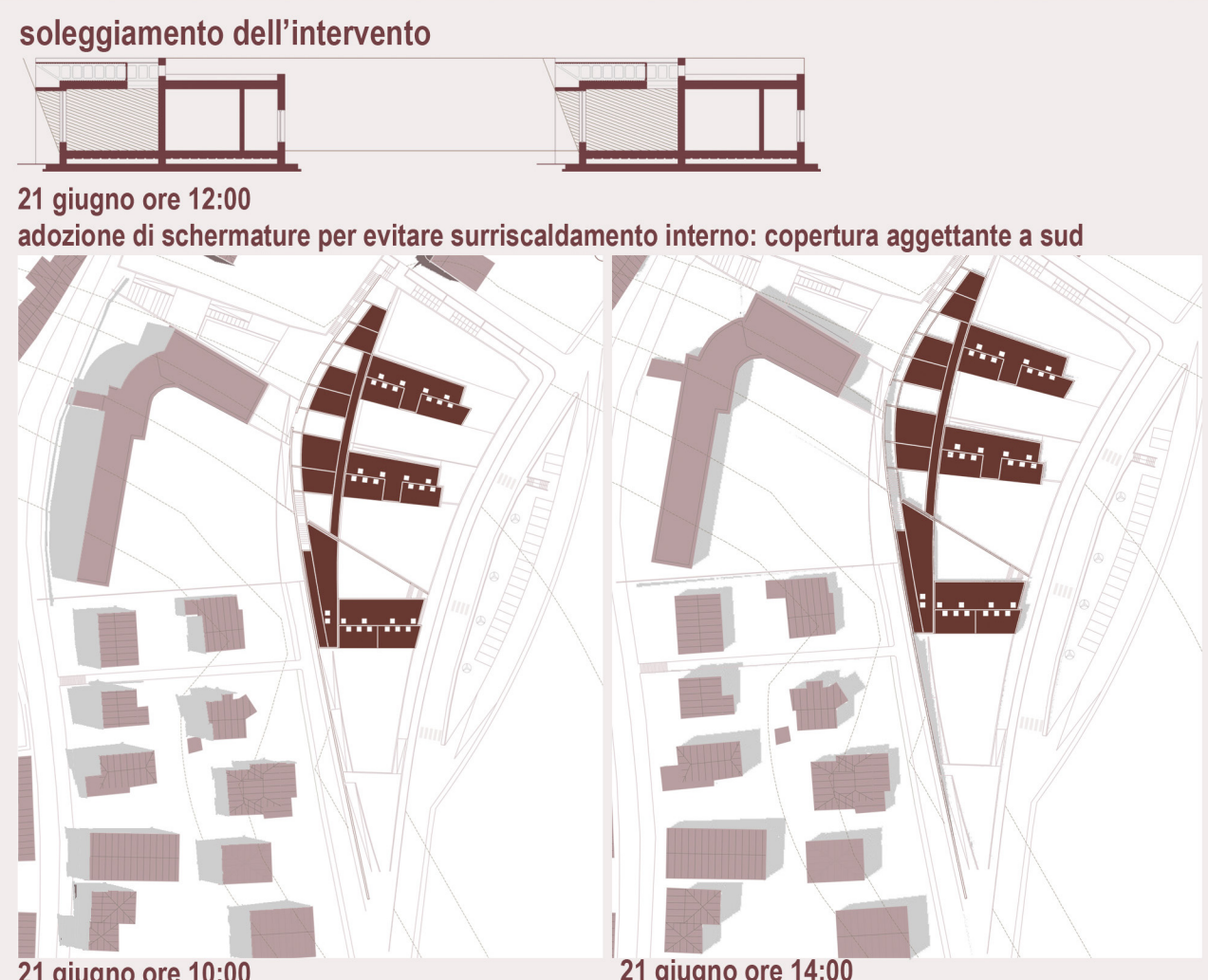
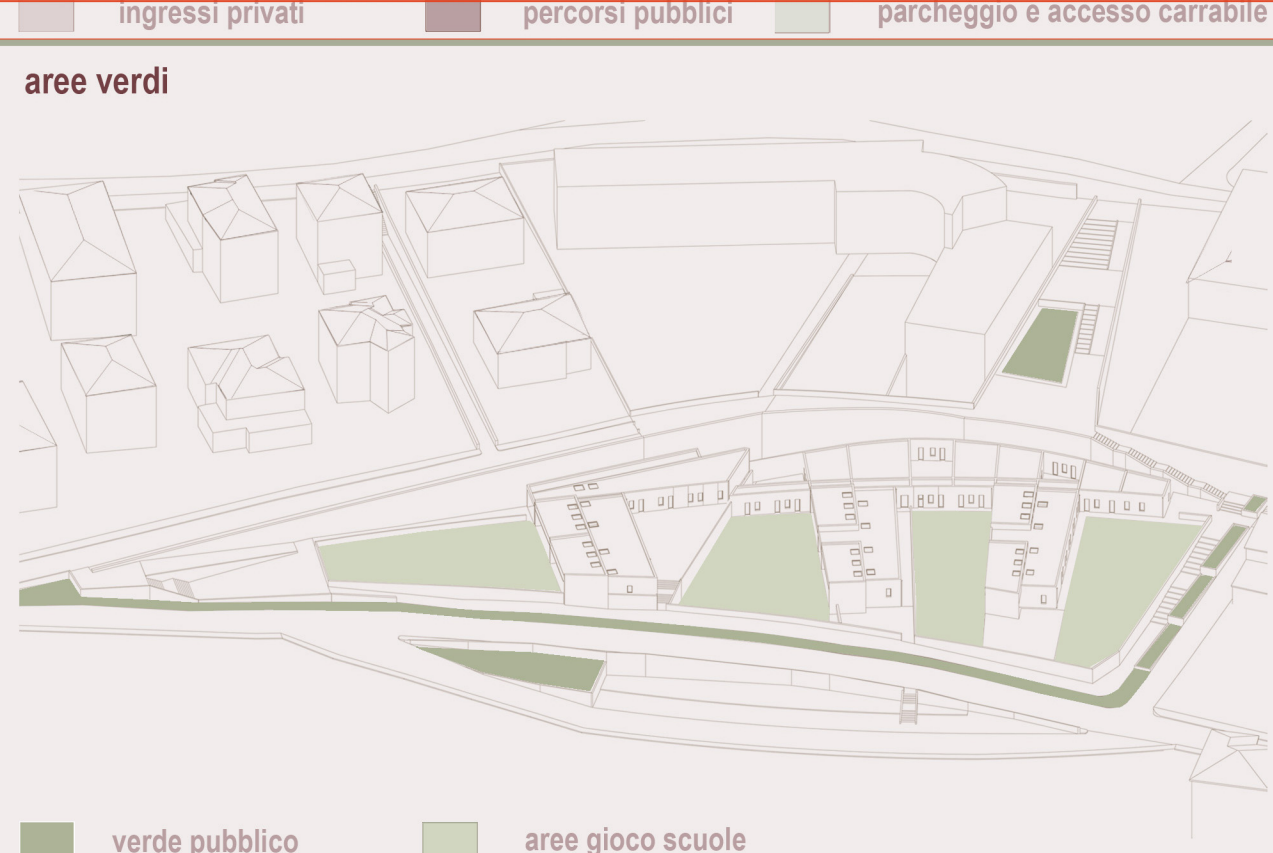
+7.00  
+5.00

-0.50  
-3.00

N  
scala 1:200

percorsi e accessibilità





sezione BB - scala 1:200

scuole per l'infanzia a bertinoro

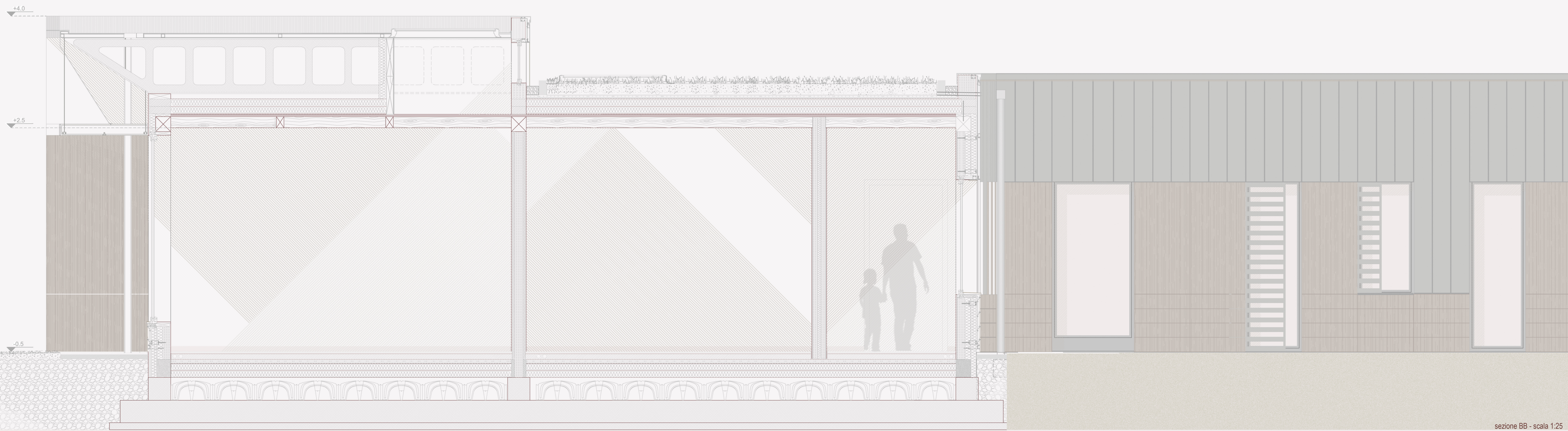
alma mater studiorum - università di bologna - facoltà di architettura aldo rossi - a 2009 - 2010 - laboratorio di sintesi finale architettura ecoefficiente proff a. boeri - e. antonini - a. maahsen milan - k. fabbri - l. trombetti - relatore prof e. antonini - corr proff a. maahsen milan - k. fabbri - l. mambelli

chiara giunchi

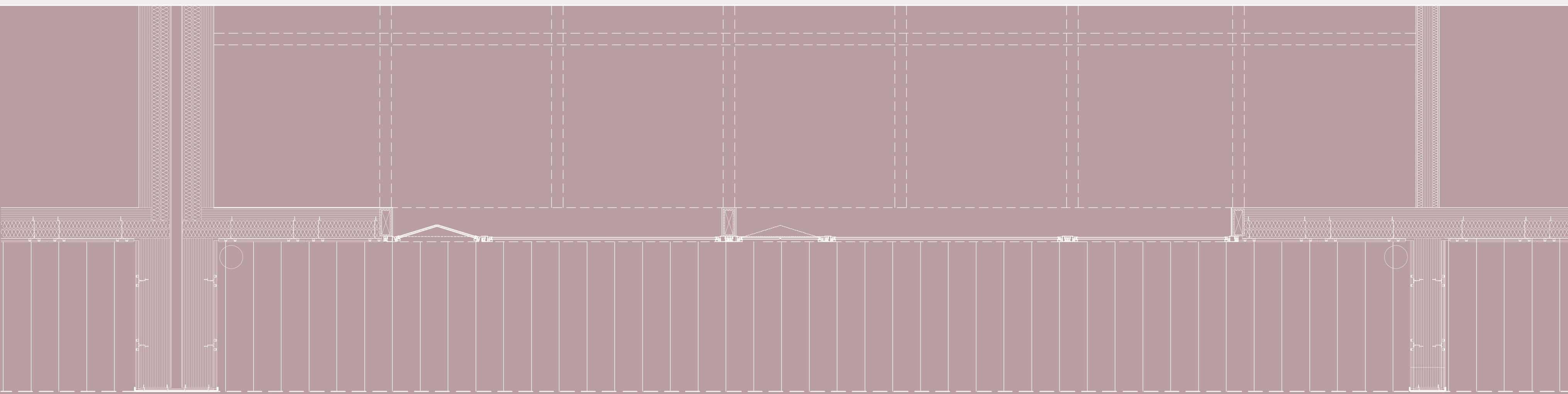


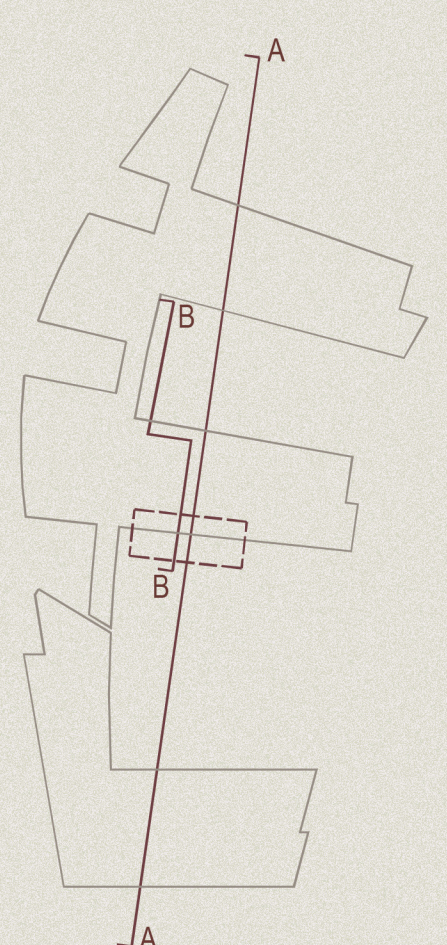


sezione AA - scala 1:25



sezione BB - scala 1:25





**CVE 1**

- . fibrogesso (12,5 mm)
- . struttura portante in pannelli xlam (105 mm)
- . isolante in fibra di legno (80+100 mm)
- . facciata ventilata con orditura metallica e rivestimento in Pannelli Trespa

**CVE 2**

- . fibrogesso (12,5 mm)
- . pannelli xlam (60 mm)
- . isolante in fibra di legno (40mm)
- . pannelli xlam (60 mm)
- . fibrogesso (12,5 mm)

**COE 1**

- . struttura portante in legno con travi principali e secondarie
- . struttura portante in pannelli xlam (105 mm)
- . doppio tavolato incrociato (20+20 mm)
- . barriera al vapore
- . isolante in fibra di legno (100+100 mm)
- . guaina impermeabilizzante (1,5 mm)
- . barriera antiradice (3 mm)
- . strato drenante (40 mm)
- . drenaggio perimetrale in ghiaia
- . terreno e manto erboso estensivo (150 mm)

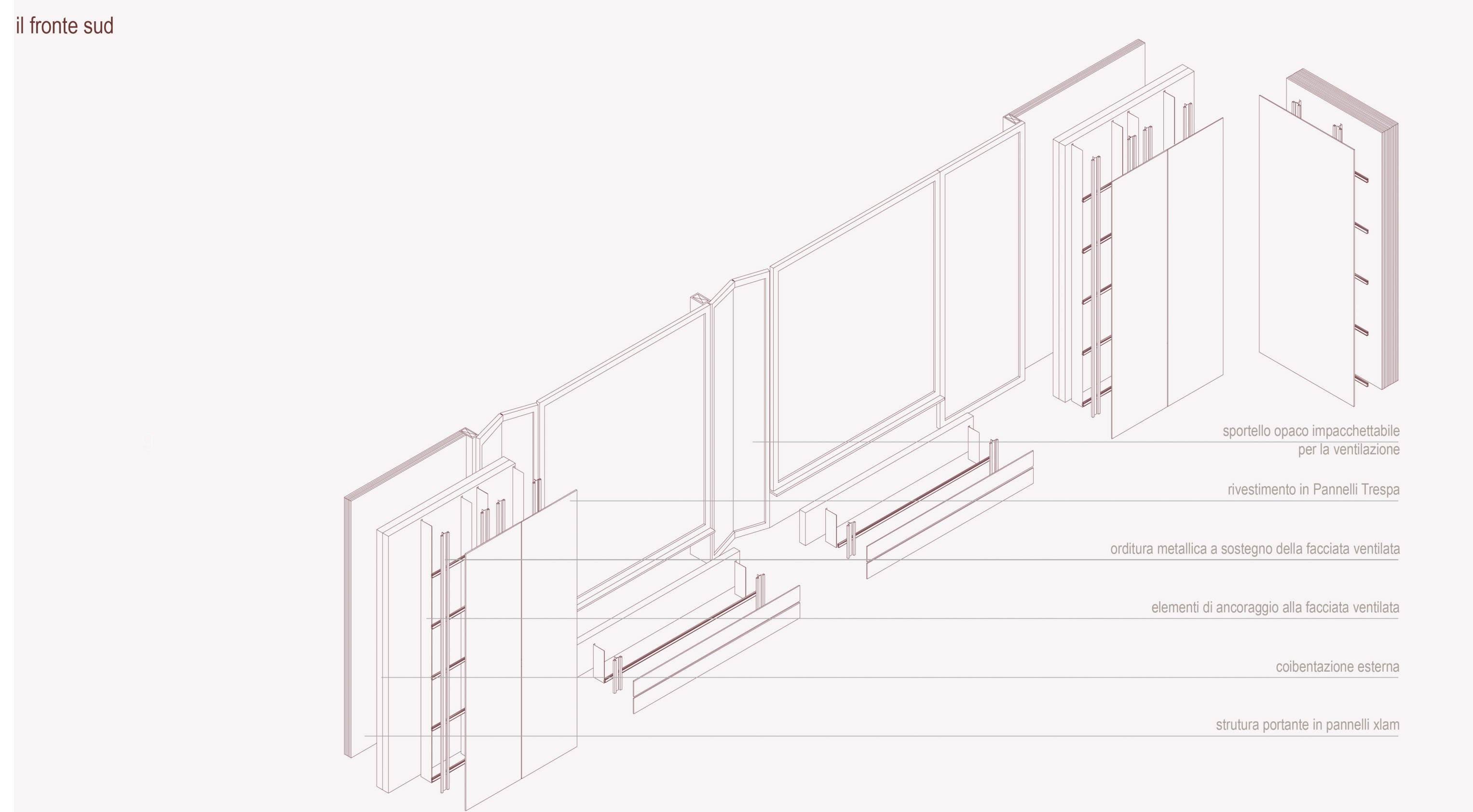
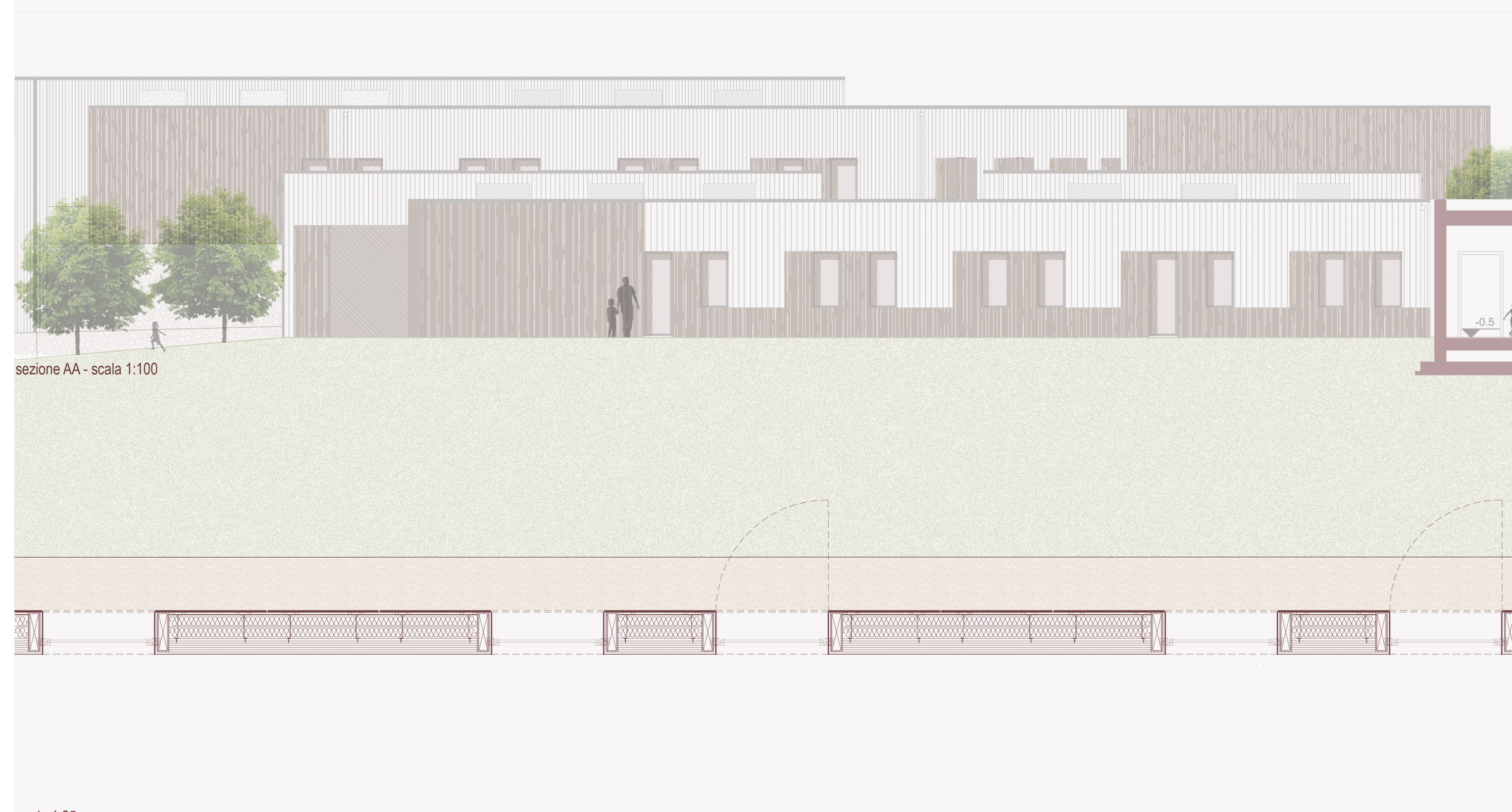
**COE 2**

- . calcestruzzo magro (100 mm)
- . fondazione a platea
- . vespaio con intercapedine di aerazione tipo igloo
- . guaina impermeabilizzante (1,5 mm)
- . isolante termico EPS (80+80 mm)
- . guaina impermeabilizzante (1,5 mm)
- . massetto con rete elettrosaldata (80 mm)
- . massetto alleggerito (100 mm)
- . autolivellante (15 mm)
- . adesivo
- . pavimentazione in linoleum



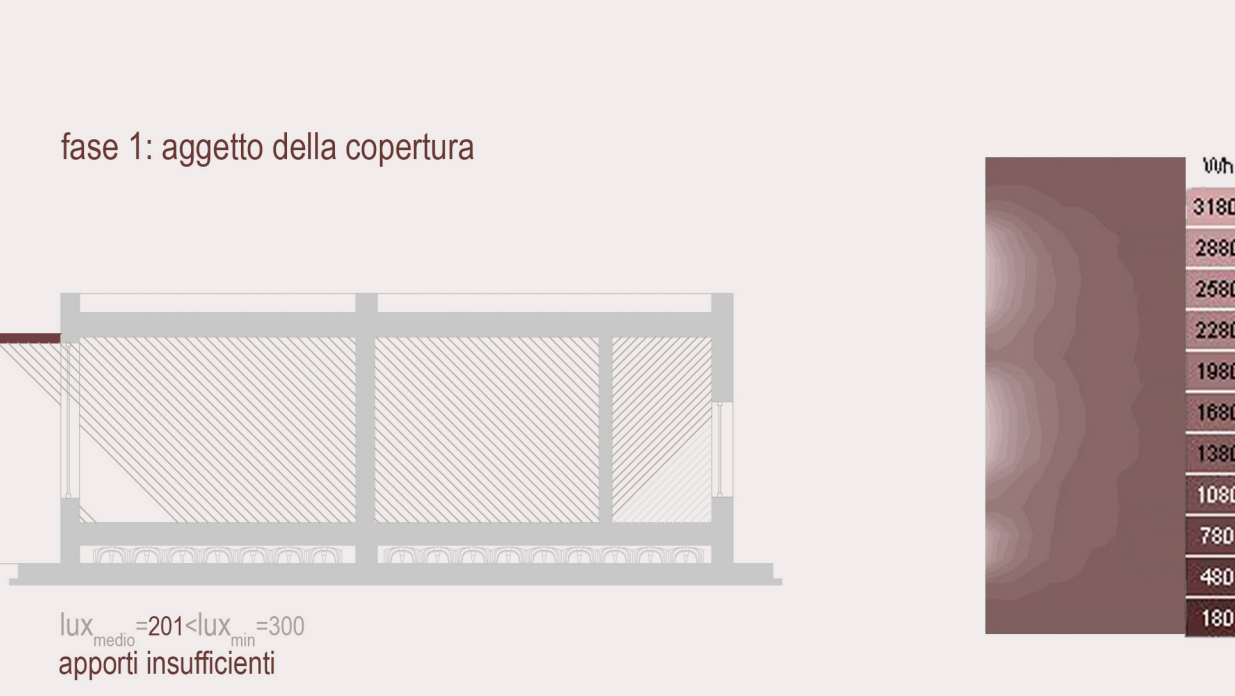
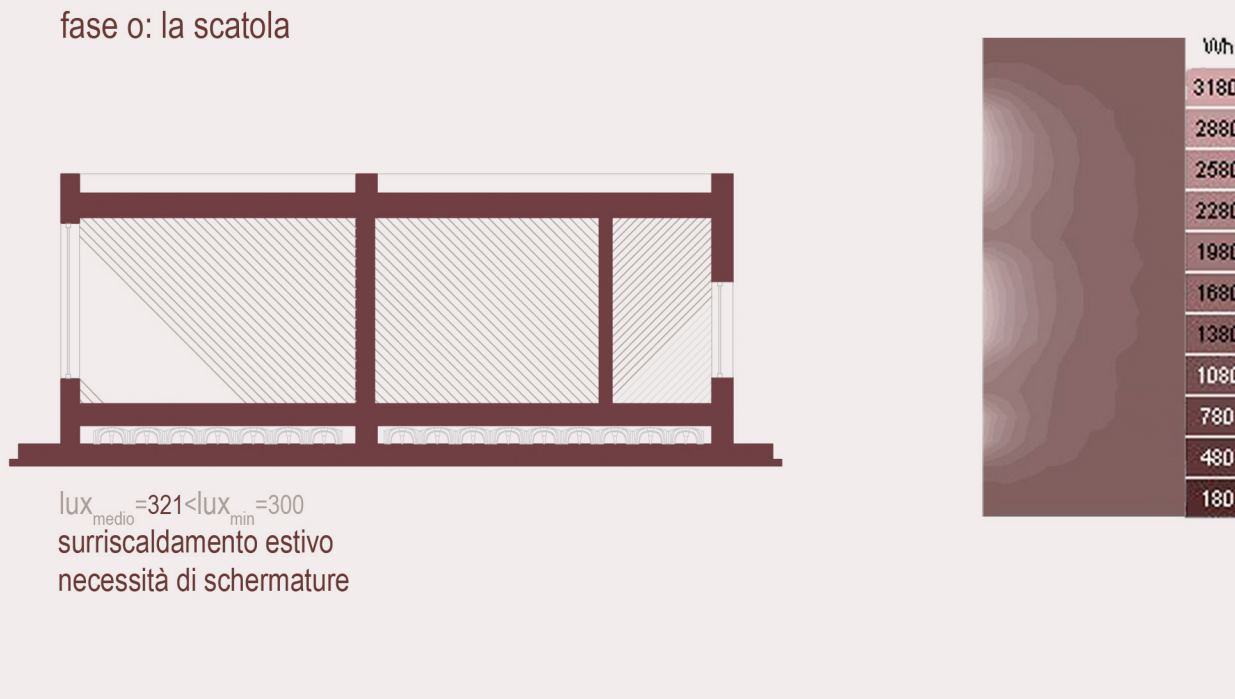


il fronte sud



la scatola

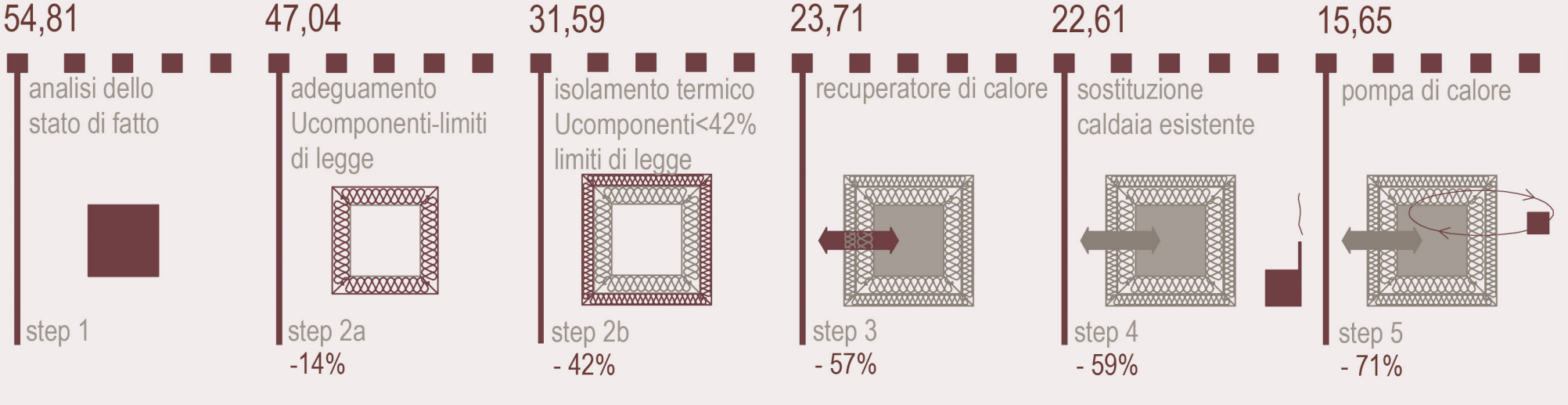
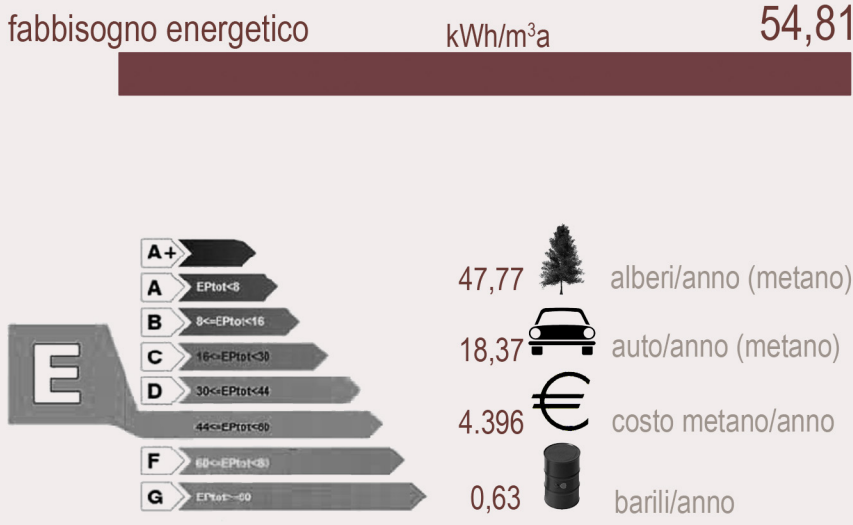
raggiungimento del comfort luminoso





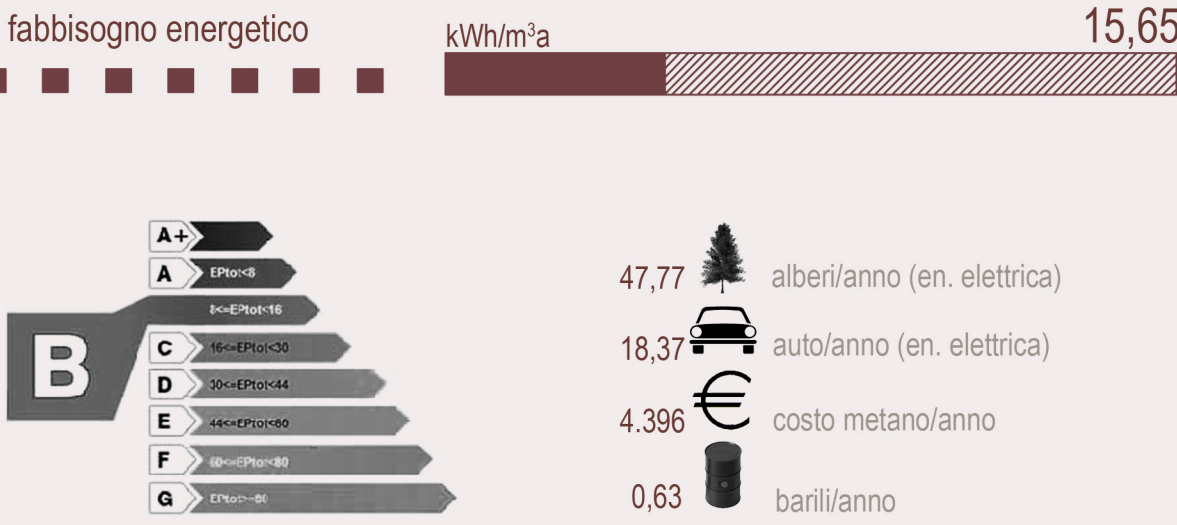
0

stato di fatto



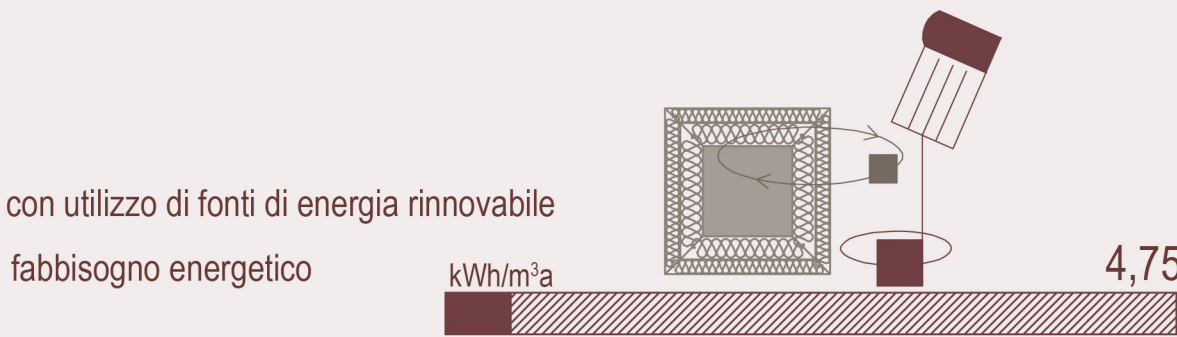
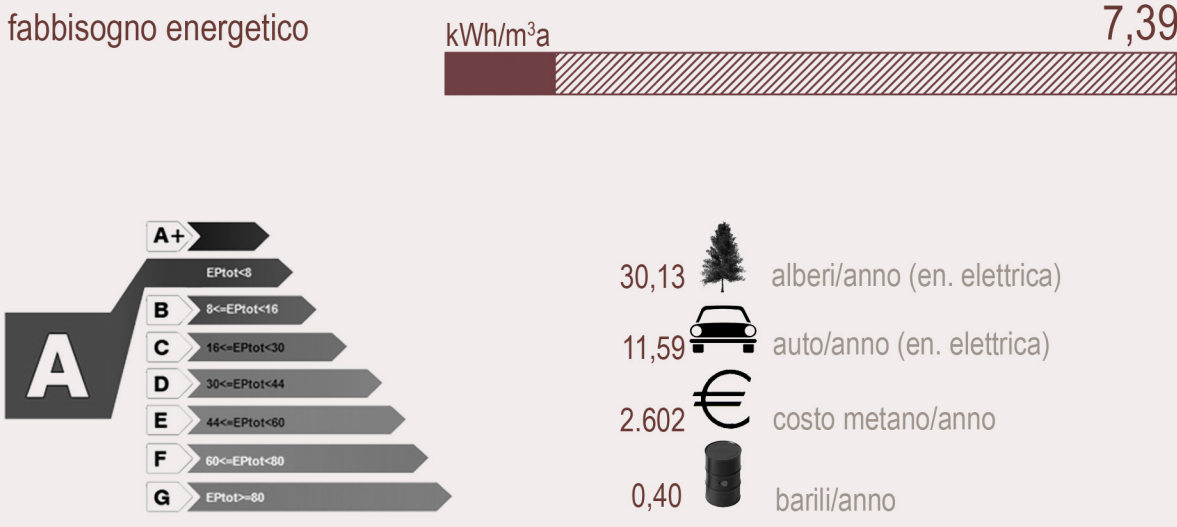
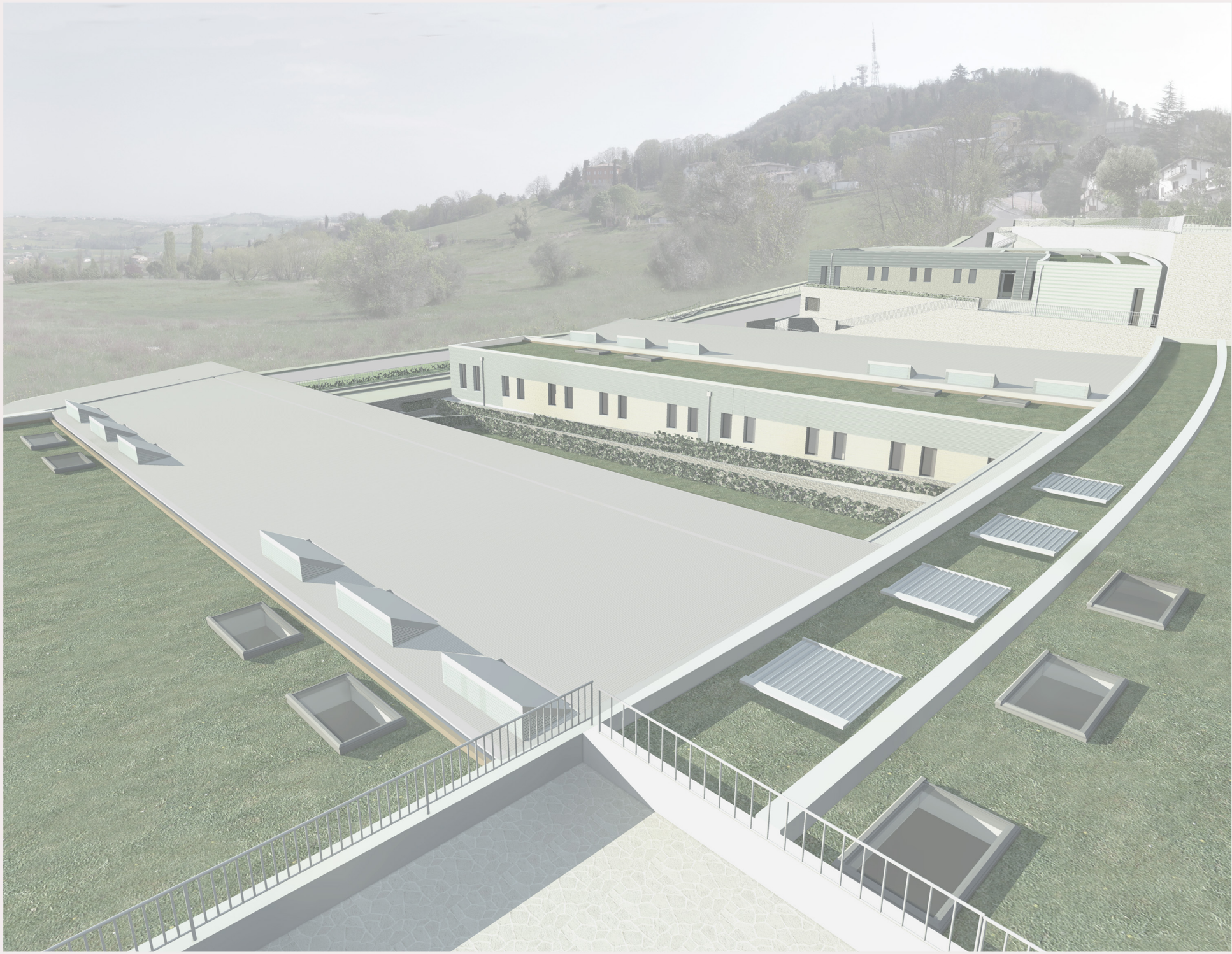
1

scenario  
riqualificazione energetico funzionale



2a

scenario



2b

scenario

